



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO  
**DIPARTIMENTO DEI SISTEMI AGRO-AMBIENTALI**

**DOTTORATO DI RICERCA INTERNAZIONALE IN  
AGRONOMIA AMBIENTALE**

XXIII CICLO

TESI DI DOTTORATO  
SETTORE SCIENTIFICO- DISCIPLINARE AGR/04

**COVER CROPS E INNESTO ERBACEO: TECNICHE  
ECOCOMPATIBILI IN SISTEMI ORTICOLI INTENSIVI**

DOTT. CALOGERO ROMANO

TUTOR:  
PROF. GIOVANNI INCALCATERRA

COORDINATORE:  
PROF. CARMELO DAZZI

## **INDICE**

<b>Premessa</b>	<b>pag. 1</b>
<b>PARTE GENERALE</b>	
<b>1.1 La legislazione</b>	<b>” 4</b>
<b>1.1.1 Il protocollo di Montreal</b>	<b>” 4</b>
<b>1.2 Ripercussioni sull’atmosfera</b>	<b>” 11</b>
<b>2. Parassiti animali e vegetali</b>	<b>” 12</b>
<b>2.1 I nematodi fitoparassiti</b>	<b>” 12</b>
<b>2.2 I patogeni tellurici</b>	<b>” 16</b>
<b>2.3 Il concetto di soppressività delle malattie telluriche</b>	<b>” 17</b>
<b>2.4 I meccanismi della soppressività</b>	<b>” 18</b>
<b>3. Il Ruolo della sostanza organica</b>	<b>” 22</b>
<b>3.1 Importanza della sostanza organica</b>	<b>” 22</b>
<b>3.2 Gestione del sistema suolo per il mantenimento della sostanza organica</b>	<b>” 25</b>
<b>3.3 Importanza della sostanza organica per ridurre la stanchezza del suolo</b>	<b>” 26</b>
<b>4. Il ruolo delle cover crops negli agroecosistemi intensivi</b>	<b>” 28</b>
<b>4.1 Le Cover Crops come fonte di biomassa</b>	<b>” 28</b>
<b>4.2 Utilizzo delle Cover Crops in Agroecosistemi Mediterranei</b>	<b>” 30</b>
<b>4.3 Effetti delle cover crops sulle caratteristiche fisiche del suolo</b>	<b>” 31</b>
<b>4.4 Effetti delle cover crops sulle caratteristiche chimiche del suolo</b>	<b>” 33</b>
<b>4.5 Effetti delle cover crops sulla flora infestante sugli organismi tellurici</b>	<b>” 36</b>
<b>4.6 Cover crops funzionali (<i>Brassicaceae</i>)</b>	<b>” 37</b>

<b>5. L'agricoltura conservativa</b>	<b>” 40</b>
<b>5.1 Agricoltura Conservativa in Europa e in Italia</b>	<b>” 40</b>
<b>5.2 I vantaggi della Semina e del Trapianto su Sodo</b>	<b>” 44</b>
<b>5.3 La Semina e il Trapianto su Sodo contro il Cambiamento Climatico</b>	<b>” 44</b>
<b>5.4 Effetti dell'aratura e della specializzazione colturale</b>	<b>” 45</b>
<b>6. Alternative alla geodisinfestazione chimica</b>	<b>” 48</b>
<b>6.1 Pianta biocida</b>	<b>” 48</b>
<b>6.2 Solarizzazione</b>	<b>” 51</b>
<b>6.3 Il sistema bioflash</b>	<b>” 52</b>
<b>6.4 Innesto erbaceo</b>	<b>” 54</b>
<b>7. Attività di ricerca svolta nel triennio</b>	<b>” 61</b>
<b>7.1 Attività di ricerca</b>	<b>” 61</b>
<b>8. Sistemi conservativi in orticoltura di pien'aria</b>	<b>” 62</b>
<b>8.1 Scopo della ricerca</b>	<b>” 62</b>
<b>8.2 Materiali e metodi</b>	<b>” 65</b>
<b>8.3 Risultati e discussione</b>	<b>” 71</b>
<b>8.3.1 I anno melone</b>	<b>” 71</b>
<b>8.3.2 Rilievi sulla produzione</b>	<b>” 72</b>
<b>8.3.3 II anno melone</b>	<b>” 74</b>
<b>8.3.4 Rilievi sulla produzione</b>	<b>” 75</b>
<b>8.3.5 I anno Cavolfiore</b>	<b>” 78</b>
<b>8.3.6 II anno Cavolfiore</b>	<b>” 80</b>

<b>8.4 Rilievi sul suolo</b>	” 82
<b>8.5 Conclusioni</b>	” 83
 <b>TABELLE E BIBLIOGRAFIA</b>	
<b>9. Innesto erbaceo in orticoltura (Melenzana)</b>	” 108
<b>9.1 Scopo della ricerca</b>	” 108
<b>9.2 Materiali e metodi</b>	” 111
<b>9.3 Risultati e discussione</b>	” 116
<b>9.4 Conclusioni</b>	” 126
 <b>10. Innesto erbaceo in orticoltura (Anguria)</b>	
<b>10.1 Scopo della ricerca</b>	” 133
<b>10.2 Materiali e metodi</b>	” 134
<b>10.3 Osservazioni e risultati</b>	” 136
<b>10.3.1 Rilievi biometrici</b>	” 136
<b>10.4 Rilievi produttivi</b>	” 138
<b>10.5 Rilievi qualitativi</b>	” 139

**TABELLE, FIGURE, BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA**

Le aziende a indirizzo orticolo costituiscono una realtà del tutto particolare all'interno del mondo agricolo, poiché l'equilibrio tra l'attività umana e l'ambiente naturale è spesso compromesso. Ciò è attribuibile ai diversi cicli colturali che si succedono in modo rapido nell'arco dell'anno con piante appartenenti alla stessa famiglia botanica e a un maggiore impiego di input rispetto alle colture estensive.

Le tecniche agricole adottate modificano in maniera radicale il sistema suolo-acqua-aria. L'elevata specializzazione colturale dettata da esigenze di mercato amplifica notevolmente il problema dell'agricoltura impattante. L'orientamento colturale di certo non è d'ausilio a un miglioramento della situazione attuale, poiché sono utilizzate varietà ibride provenienti da selezioni genetiche nazionali o talvolta internazionali.

Un altro elemento di massima importanza è rappresentato dalla sproporzione tra la biomassa asportata con la raccolta delle derrate e quella che è possibile restituire tramite il reintegro e/o compostaggio dei residui colturali, sempre limitati a causa dell'utilizzo commerciale di gran parte delle colture. Un razionale programma di gestione agronomica, basato sul massimo rispetto della situazione pedoclimatica e sulle tecniche preventive, si dovrebbe realizzare attraverso un'adeguata rotazione, con specie idonee all'ambiente di coltivazione in cui si opera; inoltre, rotazioni almeno triennali consentirebbero un efficace contenimento di alcuni patogeni fungini (*Sclerotinia*, *Rhizoctonia*, *Fusarium* spp.) e di batteri.

La pratica del sovescio, attuata in funzione del periodo e del tipo di coltura, può svolgere un'importante azione di equilibrio sia sulla struttura del suolo sia sull'apporto di elementi nutritivi.

L'obiettivo dell'attività di ricerca nel corso del dottorato di ricerca in Agronomia Ambientale, è stato quello di entrare in merito al funzionamento degli sistemi agricoli intensivi. L'agroecosistema intensivo per eccellenza nel campo delle coltivazioni agrarie è rappresentato dall'orticoltura e dalla floricoltura. Sarebbe auspicabile nel settore orticolo, effettuare una costante e accurata rivisitazione delle tecniche agronomiche e di gestione. Il cambiamento e l'innovazione per il comparto orticolo è, pertanto, di estrema importanza poiché gli addetti devono confrontarsi con un sistema economico, politico e sociale globale, sovente

regolamentato da vincoli legislativi e dalle esigenze dei consumatori sempre più attenti ed informati sugli aspetti igienico-sanitari dei prodotti.

La maggiore attenzione verso la salubrità dei prodotti agricoli, la riduzione delle molecole di sintesi, la diminuzione della fertilità, la stanchezza dei suoli ecc., hanno orientato l'attività di ricerca verso la messa a punto di tecniche colturali meno impattanti per l'ambiente.

Le tematiche (Cover crops e Innesto erbaceo) portate avanti nella presente attività di ricerca, hanno un'unica finalità cioè quella di salvaguardare gli equilibri e gli scambi di materia ed energia fra il sistema biotico e abiotico a impatto zero o limitato. L'utilizzo delle cover crops all'interno di sistemi orticoli intensivi rappresenta una necessità la cui importanza è frutto di una serie di tecniche agronomiche non razionali, non pianificate che si sono succedute negli anni (sistemi monoculturali), per far fronte alla crescente richiesta di prodotti da parte del mercato.

La seconda linea di ricerca riferisce sull'innesto; tecnica agronomica ampiamente diffusa e applicata in arboricoltura e nell'orticoltura dei Paesi orientali (Giappone, Corea, Cina).

Il ricorso all'innesto erbaceo in orticoltura è, per molti versi, conseguente alla cattiva gestione agronomica dei sistemi orticoli quasi sempre basati su una o poche colture, per rispondere alle logiche di mercato, ma deleteria per l'equilibrio biotico tellurico in quanto determina la specializzazione dei patogeni animali e vegetali, della flora infestante ecc..

# **PARTE GENERALE**

## **1.1 La legislazione**

Lo strumento legislativo mediante il quale gli Stati membri dell'Unione Europea hanno regolato l'impiego del bromuro di metile (BM) è stato il Regolamento CE 2037/2000 che riguarda le sostanze che riducono lo strato di ozono, in vigore dall'1 ottobre 2000. Questo regolamento, che recepisce a livello europeo il Protocollo di Montreal, bandisce l'uso di questo prodotto a partire dal 31 dicembre 2005 ad eccezione degli "usi critici" che riguardano soprattutto le applicazioni di quarantena e i trattamenti anteriori all'imbarco (QPS). Tali trattamenti sono circoscritti alle realtà portuali e aeroportuali e autorizzate dalle ASL e dai Servizi fitopatologici ivi operanti. Sono considerati trattamenti anteriori all'imbarco quelli effettuati come risposta a richieste ufficiali dei paesi importatori. I trattamenti di quarantena sono invece quelli effettuati su merci in ingresso per le quali sussistono prescrizione o quelli che si rendano necessari a seguito di esplosioni epidemiche incontrollate rilevate dal controllo sanitario.

### **1.1.1 Il protocollo di Montreal**

Il protocollo di Montreal è un trattato internazionale, al quale aderiscono 196 Paesi, messo a punto per proteggere la terra dagli effetti negativi della riduzione dell'ozono stratosferico. Nel protocollo di Montreal sono tracciate le linee guida che portano all'eliminazione graduale della produzione e importazione di sostanze lesive dell'ozono, tra cui il bromuro di metile.

Dal 18 marzo 2009 sono state revocate le autorizzazioni per l'immissione in commercio di fitofarmaci a base di bromuro di metile revocati in seguito alla Decisione 2008/753/CE della Commissione del 18 settembre 2008 , attuata in Italia nell'aprile del 2009.

Il bromuro di metile trova impiego anche nella sintesi chimica quale agente metilante e un tempo utilizzato anche come solvente per estrarre olio dai semi e dalla lana. Un tempo il bromuro di metile era utilizzato anche negli estintori, prima che comparissero gli Halon. Tuttavia tra le società che si sono aggiudicate le quote 2010 per l'importazione in Europa compare anche l'ellenica ALFA Agricultural, che opera direttamente sul mercato greco come impresa di fumigazione. Fra gli "usi critici" sono considerate anche le diffusioni impreviste di particolari parassiti delle colture agrarie: in questi casi l'impiego è contingentato a un massimo di venti t/anno e per un periodo non superiore a 120 giorni. Per gli eventuali interventi concessi alla fumigazione del suolo, il regolamento impone l'impiego di film plastici impermeabili per la copertura del terreno oltre a limiti quantitativi e ad altre restrizioni. Nel 2007 Spagna, Francia, Italia, Paesi Bassi e Polonia sono stati autorizzati a utilizzare in totale 522 t di bromuro di metile per "usi critici" (Decisione 2007/387/CE). Nel



2008, per "usi critici", sono state accettate solo le richieste di Spagna e Polonia (Decisione 2008 /1053/CE). Considerando che prima dell'entrata in vigore delle normative citate il consumo di BM nel nostro paese era di circa 9.000 t/anno (inferiore solo agli Stati Uniti) è facile intuire le difficoltà per i produttori per effetto della sua messa al bando. Ciò anche in considerazione del fatto che il BM nel nostro paese è stato spesso inteso come la panacea in grado di risolvere situazioni difficili indotte da una gestione agronomica irrazionale delle coltivazioni.

Le novità normative più recenti riguardano le alternative chimiche al BM che sono state ridotte dal processo di esame che coinvolge tutte le sostanze attive presenti nei prodotti fitosanitari registrati e in commercio negli Stati Membri. Ai sensi della direttiva 91/414/CEE, la procedura di revisione prevede la presentazione da parte delle case produttrici delle molecole di una documentazione aggiornata che viene valutata dagli Stati membri al fine di creare una lista positiva di principi attivi (il famoso annex 1) impiegabili nella formulazione dei prodotti fitosanitari.

Contro le previsioni ottimistiche di qualche anno fa, sono stati recentemente banditi alcuni prodotti ritenuti a torto o a ragione una valida alternativa al BM. Fra queste il 1,3-dicloropropene (noto anche come DD) che solo o combinato alla cloropicrina (utilizzata talvolta come tracciante e anch'essa bandita) è stato oggetto di numerose prove scientifiche mirate a evidenziarne gli effetti di controllo, soprattutto sui nematodi, e il dazomet un formulato solido caratterizzato da un facile impiego. Recentemente, per il DD e il Dazomet, sono stati presentati nuovi dossier alla commissione che sta lavorando nell'ambito della direttiva 91/414/CEE.

La rigorosa applicazione di questa normativa ha portato alla messa al bando anche di sostanze a spettro limitato come diserbanti, insetticidi, anticrittogamici, nematocidi, ecc. che permettevano di controllare almeno alcuni dei problemi legati alla stanchezza del terreno. A titolo esemplificativo citiamo il trifluralin, un diserbante molto diffuso, ad azione antigerminativa.

Per quanto sopra le possibilità di intervento con mezzi chimici disponibili per i produttori si sono enormemente ridotte. Pertanto, quelle che rimangono devono essere opportunamente valorizzate attraverso applicazioni che facilitino il raggiungimento del bersaglio e, per quanto possibile, andrebbero integrate da comportamenti agronomici corretti. Nel campo delle sostanze fumiganti con spettro d'azione simile al BM sono impiegabili solo i Metam sia a base di sodio che di potassio (per questi è in corso la revisione da parte della commissione). A questi si aggiungono prodotti specifici, come ad esempio il nematocida Fenamiphos (già

inserito in annex 1) e altri la cui azione è però limitata spesso a sottogruppi di patogeni o infestanti. I Metam sono sostanze potenzialmente in grado di controllare funghi, nematodi, insetti terricoli e infestanti. L'estrema volatilità del loro principio attivo (i Metam sono generatori di metil isotiocianato, MITC) impone però un'applicazione accurata per evitare un'inutile e dannosa diffusione nell'atmosfera. Infatti, il MITC, mantenuto nel suolo esplica la sua azione principalmente attraverso ossidazione e idrolisi mediata da attività biotiche. A tale riguardo va ricordato che composti analoghi ai MITC sono naturalmente presenti in molte specie erbacee, alcune di queste utilizzate come colture biocide. L'azione del principio attivo, quindi, è strettamente connessa al modo di somministrazione (si deve impedire la volatilizzazione in atmosfera), alla temperatura del suolo (non inferiore ai 20 °C per garantire mobilità della molecola nel terreno), alla concentrazione e al tempo di esposizione (indicativamente un trattamento richiede circa una quindicina di giorni di sospensione della coltivazione). Il Metam, attualmente disponibile solo in forma liquida, può essere applicato con manichette d'irrigazione solitamente disposte sotto il film plastico steso a livello del suolo o con attrezzature che realizzino un immediato incorporamento e un'adeguata azione sigillante. A tale riguardo sono disponibili attrezzature in grado di realizzare la stesura di un film plastico sul suolo (massimo effetto di contenimento del gas e possibilità di combinare il trattamento con la solarizzazione), metodo idoneo agli ambienti aperti, o alla compressione dello strato più superficiale del terreno, metodo idoneo per i trattamenti che si svolgono in serra. In merito ai modi di distribuzione tali tecnologie permettono di effettuare un'incorporazione a profondità variabile, combinata con eventuali distribuzioni più superficiali in fasce di terreno soggette a miscelazione.

La normativa impone un nuovo approccio alla lotta dei patogeni tellurici. Il moderni orientamenti devono coniugare le diverse possibilità chimiche, meccaniche e fisiche. Sulla scorta di ciò sarebbe auspicabile implementare nelle aziende orticole rotazioni attente fra le colture, rivalutare alcuni concimi organici, modificare i metodi di lavorazione del terreno, avere quindi una visione aperta ad acquisire con rapidità le innovazioni tecniche e tecnologiche. In questa situazione un ruolo fondamentale lo gioca la ricerca, la divulgazione, l'applicazione e le tecnologie meccaniche, che entrano in gioco a tutti i livelli della difesa alla gestione delle colture. La macchina è il mezzo; disporre di tecnologie innovative (sistema bioflash), permette di ridurre i costi di produzione e migliorare l'efficienza degli interventi, colpendo come e dove serve, favorendo l'esplicazione dell'azione, riducendo le quantità di principio attivo e quindi i costi dell'intervento.

Nel settore orto-floricolo la tecnica di disinfezione e disinfestazione del terreno più impiegata per gli ottimi risultati fitoiatrici, produttivi e per la rilevante azione erbicida che consente di ottenere era sicuramente la fumigazione con bromuro di metile (Martino, 1997; Nederpel, 1979). Com'è noto, in seguito al Protocollo di Montreal, questo fumigante dal gennaio 2005 non può più essere utilizzato nei Paesi a economia sviluppata e dal 2015 non potrà più essere impiegato anche nei Paesi in via di sviluppo, poiché ritenuto responsabile della deplezione dell'ozonosfera (Ferrari *et al.*, 1998; Gullino, 1998; Gullino *et al.*, 1999; Katan, 1999; Peruzzi, 2007; Triolo e D'Errico, 2002, Triolo *et al.*, 2003, 2004 e 2006).

L'impiego del bromuro di metile in realtà non è stato totalmente vietato in molte nazioni, tra le quali purtroppo è compresa anche l'Italia, che ha fatto richiesta di deroghe internazionali, che si sono concretate nella concessione dei così detti "usi critici", e tuttora utilizzato. Al riguardo, le quantità dei fumiganti utilizzati annualmente nel nostro Paese in particolare nel biennio 2005-2006, sono stati piuttosto elevati (1200 t/anno in media), pur essendo inferiori dell'84% rispetto a quelli medi precedenti all'entrata in vigore del divieto (pari a circa 7500 t/anno) (Nomisma, 2007). Parallelamente, è aumentato moltissimo l'impiego di altri fumiganti chimici, dotati di un'azione fitoiatrica ed erbicida notevolmente inferiore rispetto a quella del bromuro di metile; il consumo totale nel 2006 di fumiganti chimici ha interessato una superficie di 33.000 ha (Nomisma, 2007). Tra i prodotti utilizzati (che sono comunque tossici e nocivi per l'ambiente e per la salute, oltre che molto costosi), molti sono a base di "vecchi" p.a. di cui, da qualche tempo, è nota la ridotta efficacia (Nomisma, 2007; Siviero, 2007). A tale riguardo, recentemente sono state anche avanzate proposte volte a richiedere una "moratoria" per il nostro Paese, motivata dall'assenza di possibilità valide alle fumigazioni a base di bromuro di metile (Siviero, 2007). Tutto ciò appare inaccettabile, preoccupante ed anche in qualche modo disarmante, poiché rappresentativo di un'incapacità di prendere una posizione "politica" definita e orientata a guidare le scelte degli orticoltori e dei floricoltori verso sistemi di disinfezione a basso impatto ambientale, di provata efficacia fitoiatrica, che vengono invece spesso presentati come troppo costosi e quindi economicamente non sostenibili (Siviero, 2007). Tutto ciò è evidentemente pretestuoso, giacché i costi di gestione della disinfezione a basso impatto ambientale sono spesso inferiori rispetto agli interventi chimici (Nomisma, 2007; Peruzzi *et al.*, 2002a, 2002b, 2003, 2004, 2005a, 2006). D'altra parte, in seguito alle prime decisioni prese a livello internazionale, era emersa una grande urgenza di definire strategie alternative per la realizzazione della disinfezione e disinfestazione del terreno. In particolare, vista l'assenza di principi attivi chimici caratterizzati da un'azione biocida efficace come quella del bromuro di metile, una larga parte

del mondo della ricerca ha rivolto la propria attenzione all'individuazione di sistemi fisici a basso impatto ambientale (Triolo *et al.*, 2002; Triolo *et al.*, 2003, 2004 e 2006). Tra questi, la solarizzazione appare in grado di fornire risultati fitoiatrici di tutto rispetto, ma la sua diffusione risulta comunque fortemente penalizzata dalla dipendenza delle fluttuazioni climatiche e stagionali e dalla necessità di un'interruzione prolungata nei normali cicli colturali (Katan, 1987; Materazzi *et al.*, 1987; Nederpel, 1979; Triolo *et al.*, 1991 e 2003).

In quest'ottica, un nuovo sistema per la disinfezione e disinfestazione del suolo con vapore in associazione a sostanze a reazione esotermica, realizzato mediante specifiche macchine operatrici, è stato sviluppato presso la Sezione Meccanica Agraria e Meccanizzazione Agricola (MAMA) del DAGA dell'Università di Pisa in collaborazione con la ditta Celli S.p.A. di Forlì (Peruzzi, 2007; Peruzzi *et al.*, 2000, 2002a, 2002b, 2003, 2004, 2005a, 2006; Raffaelli *et al.*, 2002).

I nematodi fitoparassiti causano danni alle produzioni agrarie stimati fra il 5 e il 20% della produzione, variabili in funzione del parametro utilizzato per la valutazione (economico o prodotto) e del tipo di produzione (Barker *et al.*, 1994).

Le specie maggiormente dannose presenti in Italia includono i nematodi galligeni (*Meloidogyne* spp.), cisticoli (generi *Heterodera* e *Globodera*), quelli delle lesioni (*Pratylenchus* spp.), le specie fogliari (*Ditylenchus dipsaci*, *Aphelenchoides* spp.) ed i nematodi vettori di virus (*Xiphinema index* e altre specie appartenenti alle famiglie *Longidoridae* e *Trichodoridae*). Gli antagonisti biologici sono presenti in tutti gli agroecosistemi in cui sono anche presenti i nematodi fitoparassiti. Essi includono diverse specie di batteri (Gram positivi o negativi), funghi *Hyphomycetes*, funghi acquatici, numerosi invertebrati (altri nematodi predatori, tardigradi), e vari microrganismi del terreno, come per es. le amebe. Questi microrganismi hanno diverse attività e caratteristiche e non tutti sono suscettibili d'impiego in lotta biologica, sebbene tutti svolgano un ruolo importante nella regolazione delle popolazioni in natura. Essi possono essere parassiti obbligati e specifici, in altre parole antagonisti non specifici o ancora facoltativi. Si riproducono nella rizosfera, di cui costituiscono una parte importante non solo per l'azione diretta di antagonismo, ma anche per il ruolo di riciclaggio dei microelementi e di altri nutrienti. E' noto che nel suolo esiste una grande biodiversità di specie di microrganismi, stimata nell'ordine di 2000 specie per gr di terreno, di cui gli antagonisti di nematodi costituiscono solo una piccola ma importante frazione (Torsvik *et al.*, 1990; Nour *et al.*, 2003). La disinfestazione del terreno è uno dei settori inerenti la difesa delle colture più profondamente indagati in questi ultimi anni, soprattutto in relazione alla eliminazione delle possibilità di impiego del bromuro di metile. I

sistemi e le strategie di trattamento basati sull'uso di mezzi fisici sono caratterizzati da importanti vantaggi, tra cui, in particolare, la possibilità di limitare fortemente il ricorso all'applicazione di sostanze chimiche di sintesi. Sebbene l'impiego del vapore, noto da tempo per la disinfestazione del terreno, offra ottime garanzie di efficacia unite a un impatto ambientale molto ridotto ha, finora, trovato limitato impiego per il costo elevato, legato soprattutto al consumo di combustibile, per la difficoltà di determinare, in campo, i tempi necessari e sufficienti per un efficace trattamento dei diversi tipi di terreno, per la disponibilità di caldaie che non consentono trattamenti in contemporanea su vaste superfici e per il notevole impiego di manodopera. In aggiunta, pur garantendo ottimi risultati nel contenimento dei parassiti terricoli e delle erbe infestanti, determina l'alterazione degli equilibri microbiologici e delle caratteristiche chimico-fisiche dei terreni trattati. L'efficacia del trattamento fisico con vapore è strettamente correlata alla natura fisica del terreno e alla sua umidità, fattori che assumono un ruolo importante nella definizione del tempo di durata per il trattamento. La determinazione della temperatura e dei tempi minimi necessari per il contenimento di patogeni tellurici rappresenta pertanto uno strumento utile per ridurre il costo del trattamento e salvaguardare, quando possibile, la microflora utile del terreno, eliminando l'effetto negativo del "vuoto biologico". Riguardo ai tempi e alle temperature di trattamento, già alla metà del secolo scorso era noto che l'esposizione di almeno 10 minuti a temperature di 54 °C è letale per alcuni semi d'infestanti termosensibili e nematodi, mentre a 71 °C viene inattivata la maggior parte di semi d'infestanti e funghi non in grado di formare organi di resistenza. Occorre, invece, raggiungere 82 °C per eliminare l'agente della tracheofusariosi del garofano e molti virus, mentre non meno di 93 °C sono necessari per devitalizzare l'agente del virus del mosaico del pomodoro contenuto nei tessuti radicali delle piante infette, rimasti nel terreno. Tali informazioni unitamente al miglioramento della conoscenze relative all'applicazione del vapore, possono essere ulteriormente aggiornate, in funzione della natura e l'umidità dei terreni/substrati da trattare. La disinfestazione del terreno con vapore, messa in atto con le caldaie disponibili, può essere fatta con diverse tecniche; quella più diffusa in Italia, e in particolare nell'ortofloricoltura intensiva, consiste nel portare il terreno, nei punti più profondi dello strato che s'intende trattare, a temperature di almeno 80 °C, mantenendole per non meno di 20 minuti. Questo tipo di disinfestazione è praticabile su ridotti volumi di terreno o di substrati per l'ortofloricoltura, per la disinfestazione di substrati per colture fuori suolo e di vasi per la floricoltura. Tra gli aspetti negativi della disinfestazione con vapore surriscaldato occorre citare, oltre che la forte riduzione di tutta la microflora presente nel terreno, l'aumento dei livelli di azoto responsabili di fenomeni di fitotossicità. In alcuni casi,

la frequente disinfestazione di piccoli volumi di substrati su bancale sopraelevato ha provocato aumento di manganese disponibile, con la comparsa di fenomeni di fitotossicità, ad esempio su giovani piante di pomodoro. Al fine di favorire la diffusione di questa tecnica, più recentemente, si è cercato di comprendere, partendo dalle informazioni disponibili, quali potessero essere le condizioni fisiche del terreno in grado di migliorarne l'efficienza. Sulla base dei dati raccolti e con il supporto delle informazioni disponibili in letteratura è stato possibile comprendere come, nel caso di contenuti di acqua via via crescenti nel terreno e superiori a un determinato valore, sia possibile che aumenti il tempo necessario a ottenere un determinato incremento termico. Essendo, infatti, prevalente la presenza dell'acqua rispetto alle particelle solide, viene ad aumentare la capacità termica complessiva del mezzo, e quindi aumenta la quantità di calore necessario per innalzare di un grado la temperatura del mezzo e, conseguentemente, il tempo necessario alla variazione termica complessiva. Infine quando il terreno è asciutto, il calore si trasmette per conduzione prevalendo l'inerzia termica del mezzo, e quindi i tempi di esecuzione del trattamento tornano ad aumentare. A fronte dei dati sopra indicati, e sulla base degli attuali costi delle fonti energetiche, occorre, però, evitare di farsi prendere da un facile entusiasmo sulle possibilità d'impiego del vapore. Al momento, i sistemi di trattamento con vapore sono costituiti da generatori operanti a punto fisso i quali richiedono manodopera qualificata e sono poco adattabili alle diverse condizioni operative che si presentano nel variegato panorama orticolo e floricolo nazionale. Allo scopo di estendere le potenzialità dell'impiego del vapore, numerose industrie sono impegnate sia a migliorare l'efficienza dei sistemi di generazione, sia a meccanizzarne e agevolarne l'applicazione, producendo macchine operatrici semoventi.

Come il vapore surriscaldato, anche la solarizzazione, è un trattamento fisico basato sullo sfruttamento di fonti di energia rinnovabili, ovvero dell'energia solare in grado di sottoporre i terreni ad una sorta di pastorizzazione lenta (45 - 50° C per 3-5 settimane). L'elevata temperatura permette l'eliminazione e/o la consistente riduzione delle popolazioni di microrganismi patogeni termosensibili. Una stima realistica delle superfici attualmente interessate da questa pratica è certamente complessa, anche se occorre considerare che, con la diffusione dell'impiego di mezzi chimici fumiganti alternativi al BM applicabili mediante bagnatura del terreno (cloropicrina, 1,3 D, metham sodio, metham potassio), anche la solarizzazione potrebbe assumere maggiore importanza, divenendo una pratica "fisiologicamente" adottata quale strategia integrativa alla fumigazione chimica in coltura protetta, ma anche in pieno campo. Da un altro punto di vista, inoltre, la solarizzazione potrebbe costituire, per le colture cosiddette minori, una strategia di disinfezione del terreno

che, non richiedendo alcuna registrazione per il proprio impiego, permetterebbe il trattamento dei terreni da destinare a tali coltivazioni sulle quali sempre meno sono le sostanze registrate e disponibili. Certamente occorre rammentare che il trattamento di solarizzazione pone alcuni limiti legati, soprattutto, alla necessità di mantenere il terreno libero dalla coltura (da 4 a 8 settimane) durante il periodo più caldo dell'anno e allo spettro di azione non sempre sufficiente per garantire un'efficacia difesa contro i diversi parassiti vegetali e animali delle colture agrarie. La formula vincente appare ancora una volta la possibilità di realizzare applicazioni integrate ad altre strategie e comunque con un occhio sempre molto attento alle implicazioni non solo tecniche, ma anche economiche.

## **1.2 Ripercussioni sull'atmosfera**

Valutazioni scientifiche condotte da numerosi ricercatori (scienziati atmosferici) sotto l'autorità dell'Organizzazione meteorologica mondiale con la National Oceanic and Atmospheric Administration e la National Aeronautics and Space Administration riferiscono che il bromuro di metile contribuisce in modo efficace alla distruzione dello strato di ozono e della stratosfera terrestre. La sintesi della valutazione scientifica 2006 è disponibile presso la sede del NOAA. Il bromuro di metile è considerato una molecola molto dannosa per l'ozono (ODS) dagli scienziati atmosferici. Il nome chimico (IUPAC) del bromuro di metile è bromometano, ed è classificato come bromuro alchilico, gas incolore e inodore a temperatura e pressione normali; il gas liquefatto può essere gestito come un liquido (14,4 lb/gal) sotto pressione moderata. Il peso specifico a 0 °C e 760 mm Hg è di 1,732 con una densità di vapore di circa 3,27. Il punto di ebollizione è di 3,6 °C (38,5 °F), con una pressione di vapore a 20 °C di 1400 mm / Hg (a 40 °C che è di 2600 mm / Hg), e la viscosità è pari a 0,22 centistoke a 0 °C. Il bromuro di metile è facilmente solubile in basso alcoli, eteri, esteri, chetoni, idrocarburi alogenati, idrocarburi aromatici, e solfuro di carbonio.

L'edizione 2006 di valutazione scientifica di Ozone Depletion contiene una discussione approfondita e un'analisi dettagliata sulla comprensione scientifica dello strato di ozono. Il bromo-metano nella stratosfera proviene da fonti antropogeniche e naturali. L'azione diretta e dannosa del bromuro di metile consiste nella riduzione dello strato di ozono. La diminuzione di questo strato costituito dalla forma allotropica dell'ossigeno fa sì che i raggi ultravioletti UV raggiungono la superficie terrestre, con un impatto potenziale per la salute umana e l'ambiente.

## Parassiti animali e vegetali

---

### 2.1 I nematodi fitoparassiti

I nematodi fitoparassiti interagiscono nel terreno con un elevato numero di antagonisti naturali a diverso grado di specializzazione che includono funghi acquatici, ifomiceti, batteri, amebe o piccoli invertebrati predatori come nematodi, tardigradi e acari. La maggior parte di essi svolge funzioni come la decomposizione o il riciclo dei nutrienti e nei terreni non coltivati è anche possibile rinvenire una grande diversità di antagonisti. L'attività agricola prima e quindi l'uso indiscriminato di nematocidi e fumiganti poi comportano, nei terreni agricoli, l'estinzione di molte specie, incluso quelle utili, con un generale impoverimento sia dal punto di vista della densità che della biodiversità. I batteri antagonisti includono *Pasteuria penetrans*, parassita di nematodi galligeni, *Meloidogyne* spp. e altre specie riportate su nematodi cisticoli e su quasi tutti i gruppi ecologici di fitoparassiti. Le specie di *Pasteuria* sono provviste di un'endospora infettiva e durevole dotata di fibre parasporali adesive. L'endospora è sia una forma di resistenza che un propagulo infettivo, è molto resistente alle alte temperature ed alla disidratazione e resta vitale per molto tempo. Le fibre parasporali consentono l'adesione all'ospite, che è molto specifica. L'infezione è passiva, per adesione dell'endospora al nematode grazie ai movimenti di quest'ultimo nel terreno. Dopo l'attivazione, il processo germinativo penetra nella cuticola e origina la fase parassitaria con la diffusione di un tallo dicotomico nell'ospite. Il ciclo termina con la sporulazione e la formazione di nuove endospore all'interno dell'ospite, disperse nel terreno alla morte di quest'ultimo. Altri batteri Gram-negativi sono stati recentemente individuati e mostrano una similitudine col ciclo parassitario di *Pasteuria*. Essi aderiscono alle larve di *Meloidogyne* spp. e germinare al loro interno, originando una fase infettiva che si conclude con la morte del nematode. Numerose prove sperimentali con *P. penetrans* hanno mostrato interessanti potenzialità pratiche per questi batteri. Recenti progressi indicano che la coltivazione in vitro è possibile, e la produzione di endospore è attualmente nella fase di passaggio dal laboratorio all'industria. Negli Stati Uniti è in corso di registrazione un prodotto a base di endospore di *P. usgae* ottenute su substrati artificiali, per il controllo di *Belonolaimus longicaudatus*. Con la



produzione di endospore a basso costo e su larga scala, lo sfruttamento di questi batteri sarà possibile. Resta da chiarire il ruolo dell'elevata specificità di attacco, da bilanciare con l'uso di più isolati. Fra i funghi che attaccano i nematodi, solo un ridotto numero di specie ha un interesse pratico. Gli organi di cattura di alcuni ifomiceti (per esempio le trappole di *Arthrobotrys* spp.) sono strutture sofisticate ma non specifiche. In altri casi è invece la biologia degli stessi funghi a non renderli adatti ad uno scopo pratico, come per *Catenaria anguillulae*, un comune fungo acquatico. Altre specie, pur provviste di veri organi di attacco (le cellule "cannone" di *Haptoglossa* o le spore ad uncino di *Harposporium*) hanno un ruolo minore nel terreno, sono coltivabili con difficoltà o interessano solo i nematodi di vita libera. Applicazioni con prodotti industriali a base di micelio sono note per *A. irregularis*, *A. oligospora* e *Dactylellina dactyloides*, specie che formano trappole con ife adesive o anelli costrittori per la cattura dei nematodi. Risultati di maggior interesse sono riferiti per formulati a base di ifomiceti quali *Pochonia chlamydosporia*, o per *Dactylellina ellipsospora* (syn. *Monacrosporium ellipsosporum*). *Pochonia* ha mostrato interessanti risultati applicativi come parassita di uova di nematodi galligeni e cisticoli. *Dactylellina ellipsospora* forma sulla radice delle reti di ife con dei bottoni adesivi che immobilizzano i nematodi prima di essere digeriti dal predatore, impedendo l'attacco alla radice. Un altro parassita interessante è *Hirsutella rhossiliensis*, i cui conidi germinano in seguito all'adesione passiva all'ospite, sviluppando un micelio al suo interno. Numerose sperimentazioni hanno chiarito per queste specie il rapporto di densità dipendenza con l'ospite e i fattori biotici e abiotici in grado d'influenzarne l'attività. Alcuni funghi nematofagi mostrano caratteristiche favorevoli allo sviluppo di prodotti applicativi. Per *P. chlamydosporia* è accertata la specializzazione parassitaria dovuta a una serinproteasi (VCP1) attiva nella penetrazione nell'uovo, con varianti dovute a polimorfismi che ne alterano la conformazione molecolare e la funzionalità. La VCP1 mostra, negli isolati provenienti da nematodi galligeni maggiore efficacia nella lisi della loro cuticola, mentre altre varianti presenti in isolati provenienti da nematodi cisticoli, mostrano maggior efficacia sulla cuticola di queste ultime specie. La specializzazione parassitaria, molto utile, esige però la conoscenza degli isolati da utilizzare e dei nematodi bersaglio, prima di avviare un programma applicativo con questi funghi. Altri fattori devono essere considerati nella selezione dei funghi nematofagi da applicare, come la presenza di clamidospore, che conferisce una maggiore longevità del preparato e un dosaggio più facile. Questo fattore favorisce *P. chlamydosporia* rispetto ad altri fomiceti, per via del gran numero di clamidospore che produce. In *H. rhossiliensis* la trasmissione della spora al nematode è

influenzata dal potenziale della soluzione circolante nel terreno: essa può estinguersi in assenza dell'ospite e sviluppa epidemie locali in tempi molto lunghi.

Un fattore importante è la dimensione dei pori del terreno, poiché il diametro dei pori del terreno in cui l'ifa e le fialidi sono esposte influenza il parassitismo. In terreni sabbiosi, con pori di grandi dimensioni, la probabilità del parassitismo è inferiore rispetto a quanto osservabile in terreni con pori di minor diametro, dato che un ampio volume aumenta la probabilità dell'ospite di evadere l'infezione. Un fattore importante da considerare nell'applicazione riguarda la conoscenza approfondita della biologia degli antagonisti. Per *P. chlamydosporia*, oltre alla specificità parassitaria, è nota la variabilità degli isolati nella capacità di colonizzare terreno e rizosfera, fattore che risente della presenza degli apparati radicali delle piante utilizzate nella rotazione. Per ragioni pratiche ed applicative, anche il monitoraggio di un isolato dopo l'introduzione nell'ambiente è un fattore importante: sono oggi disponibili tecnologie basate sulla PCR di geni specifici e sul riconoscimento di particolari regioni del DNA presenti in una sola specie o isolato. E' possibile monitorare quindi *P. chlamydosporia* dopo il suo inoculo, estraendo il DNA dal terreno con tecniche d'ibridazione (dot-blot) o PCR in tempo reale. Infine, lo studio degli antagonisti di nematodi si basa sull'osservazione nel tempo di un microcosmo (rizosfera), rilevando le variazioni di parassitismo e densità, per ospiti e antagonisti. Per interpretare le dinamiche di popolazione è necessario disporre di un quadro teorico sulla regolazione in natura operata dagli antagonisti. L'insieme costituito da nematodi fitoparassiti, antagonisti e altre componenti biotiche del terreno costituisce un sistema complesso, con componenti caotiche che rendono difficile prevederne l'evoluzione. I modelli sono usati pertanto come strumenti interpretativi in grado di spiegare i meccanismi di regolazione delle popolazioni in natura. Le dinamiche di popolazione rappresentano la base quantitativa dell'analisi delle relazioni densità-parassitismo nel tempo e/o nello spazio. Uno degli obiettivi dei modelli è valutare gli effetti di medio e lungo termine dei trattamenti inondativi ovvero dei semplici inoculi, effettuati con la trasmissione dell'infezione nella popolazione ospite, da parte dei microrganismi citati. Essi utilizzano diverse costanti come il tasso di moltiplicazione dell'ospite, il tasso di declino dovuto all'antagonista (o prevalenza), quello di crescita dell'antagonista (o prevalenza), o la riduzione del parassita (o prevalenza) per la sua mortalità naturale. In questi modelli è possibile osservare la relazione fra due specie su un solo piano cartesiano chiamato "spazio delle fasi". Nel solo caso di relazioni stabili, le fluttuazioni dei valori delle dinamiche simulate tendono a formare dei cicli intorno a punti chiamati "punti d'equilibrio". Se dinamiche reali delle popolazioni studiate ricadono nei cicli simulati dai modelli, questi forniscono

informazioni utili circa i meccanismi di regolazione, a seconda della loro complessità e ricchezza di dettagli analitici. Utilizzando i modelli è possibile simulare, noti i valori della costanti e le densità iniziali delle specie, le loro dinamiche di popolazione, per ottenere informazioni utili sul sistema, per es. sulle quantità di propaguli dell'antagonista (per esempio, clamidospore) da introdurre per incrementare le probabilità di estinzioni locali. Le popolazioni dei nematodi, infatti, sono confinate in un microcosmo che corrisponde al volume di terreno esplorato dalle radici, e la mobilità delle larve è limitata alla ricerca del sito di penetrazione sulla radice. I movimenti su distanze maggiori risultano dall'azione dell'uomo o dal trasporto passivo (percolazione, acque d'irrigazione ecc.). L'estinzione locale si riferisce pertanto al microcosmo, al cui interno vanno eseguite le osservazioni ripetute nel tempo. Poiché il campionamento è spesso di tipo distruttivo, per poter analizzare la relazione densità-dipendenti è utile riportare, per ciascuna osservazione temporale, le densità dei due organismi nello spazio della fasi rappresentato dalle densità di ospite e parassita. E' possibile anche effettuare un solo campionamento nello spazio con numerose ripetizioni, per ricavare un quadro delle relazione densità-parassitismo senza effettuare uno studio prolungato nel tempo. Ciò è possibile poiché le diverse associazioni ospite-parassita non sono sincrone. La rappresentazione nel piano delle fasi di un numero sufficiente di osservazioni consente quindi la ricostruzione dei cicli.

Le simulazioni realizzate con i modelli ci consentono di conoscere il funzionamento della regolazione in natura. Sulla base di queste informazioni è possibile ricavare indicazioni pratiche utili, per esempio stimare le dosi dei trattamenti di lotta biologica a base di funghi, i tempi richiesti per ottenere l'effetto desiderato, ovvero valutare come introdurre gli antagonisti. Abbiamo oggi a disposizione un ampio ventaglio di conoscenze, suscettibili di sviluppo applicativo e/o industriale per esplorare ed integrare strategie di controllo dei nematodi fitoparassiti basate sugli antagonisti biologici. I prodotti e le tecnologie devono però caratterizzarsi per costi di produzione contenuti, ma anche per efficacia, facilità d'uso e innocuità nei confronti dell'uomo e dell'ambiente. Le tecnologie per la protezione "biologica" delle colture potranno integrare in futuro altri metodi avanzati, come la prevenzione o certificazione, ovvero metodi innovativi come il "precision farming". È possibile anche ipotizzare futuri scenari di monitoraggio per informare il produttore o consumatore sullo stato fitosanitario e la protezione di una coltura. Sono molteplici i vantaggi per l'economia, l'ambiente e la società legati a prodotti e processi di gestione biologica dei nematodi fitoparassiti. Grazie all'integrazione con altre tecnologie come l'uso di piante resistenti o principi attivi di origine naturale, è possibile attendersi un'auspicabile e diffusa riduzione

dell'impatto derivante dai trattamenti con fitofarmaci, con una maggior sicurezza per operatori e consumatori.

## **2.2 I patogeni tellurici**

I patogeni tellurici che costituiscono i principali fattori limitanti la produttività degli agro-ecosistemi, sono molto spesso difficili da controllare mediante strategie di lotta convenzionali come, per esempio, l'uso di cultivar resistenti e dei fungicidi di sintesi chimica. La perdita di efficacia della lotta chimica a causa dello sviluppo di ceppi di patogeni resistenti ai fungicidi, il superamento della resistenza dell'ospite da parte delle popolazioni del patogeno (McDonald & Linde, 2002), l'impatto ambientale degli agrofarmaci, sono alcune delle ragioni che sottolineano la necessità di sviluppare nuove strategie di controllo. La messa al bando del bromuro di metile, il fumigante più utilizzato per la disinfestazione del suolo, ha aumentato ancora di più la necessità di nuovi metodi di lotta (Martin, 2003). In questo contesto, la ricerca di alternative con alta efficacia, basso costo ed impatto ambientale contenuto, rappresenta una vera e propria sfida per un'agricoltura moderna in chiave eco-sostenibile. Le alternative proposte includono metodi fisici come la solarizzazione (Katan, 1996; Bonanomi *et al.*, 2008), la biofumigazione (Kirkegaard *et al.*, 2000), la disinfestazione biologica del suolo (Blok *et al.*, 2000), l'innesto erbaceo, l'applicazione di agenti di biocontrollo (Hoitink *et al.*, 1999; Ryckeboer, 2001) e di sostanza organica (Bailey *et al.*, 2003).

L'uso di ammendamenti organici come deiezioni zootecniche, sovesci (intesi come incorporazione di residui colturali nel suolo), compost e torbe sono stati proposti per il loro utilizzo in agricoltura biologica e convenzionale, al fine di migliorare la struttura e la fertilità dei suoli (Magid *et al.*, 2001; Conklin *et al.*, 2002) e ridurre l'incidenza delle malattie causate da patogeni tellurici (Litterick *et al.*, 2004; Noble *et al.*, 2005; Lazarovits, 2001). Nel secolo scorso, l'introduzione dei fertilizzanti inorganici di sintesi, delle varietà resistenti alle malattie e dei fungicidi ha determinato la perdita del legame diretto tra ammendamenti organici e fertilità (Hoitink *et al.*, 1999). Come risultato, i materiali organici, quali i residui colturali e letame, da risorse essenziali e necessarie alla produttività dei suoli, sono passati ad essere considerati semplicemente rifiuti solidi da smaltire in altro modo. Con la riduzione degli input organici, si è registrata una continua diminuzione del contenuto di sostanza organica ed il conseguente declino della fertilità nei suoli. Inoltre è stata osservata la diffusione nei sistemi agricoli di un gran numero di malattie causate da patogeni tellurici (Zucconi, 1996; Hoitink *et al.*, 1999; Bailey *et al.*, 2003). Problemi simili sono stati registrati anche per i substrati di coltivazione delle piante utilizzati, in particolare, nel settore vivaistico, per la moltiplicazione e commercializzazione di specie orticole e/o ornamentali, e nei sistemi "fuori suolo" (Hoitink

*et al.*, 1999). Gli impatti negativi sull'ambiente dovuti alle fumigazioni del suolo ed ai fungicidi e la richiesta di prodotti agricoli più salubri hanno stimolato un rinnovato interesse per le applicazioni di sostanza organica nei processi produttivi agricoli, per la lotta ai patogeni tellurici (Lazarovits, 2001). Diversi studi hanno mostrato, infatti, che gli ammendamenti organici possono essere molto efficaci nel controllo delle malattie causate da patogeni come *Fusarium* spp. (Lewis & Papavizas, 1977; Szczech, 1999), *Phytophthora* spp. (Szczech & Smolińska, 2001), *Pythium* spp. (McKellar & Nelson, 2003; Veeken *et al.*, 2005), *Rhizoctonia solani* (Papavizas & Davey, 1960; Diab *et al.*, 2003), *Sclerotinia* spp. (Lumsden *et al.*, 1983a; Boulter *et al.*, 2002), *Sclerotium* spp. (Coventry *et al.*, 2005), *Thielaviopsis basicola* (Papavizas, 1968) e *Verticillium dahliae* (Lazarovits *et al.*, 1999).

### **2.3 Il concetto di soppressività delle malattie telluriche**

L'incremento dell'incidenza delle malattie telluriche è indice di condizioni di inospitalità e sofferenza per le piante coltivate. Esistono suoli e matrici organiche utilizzati come substrati di coltivazione che possiedono una importante proprietà denominata *soppressività*. Tale caratteristica si estrinseca nell'interazione complessa pianta-patogeno, rendendo l'“ambiente” sfavorevole allo sviluppo delle malattie. L'ambiente, nel caso delle malattie telluriche, è rappresentato dal *suolo* in senso lato, (comprendendovi, cioè, anche i substrati organici) o meglio dalla *rizosfera*, definita come lo spazio in cui le radici delle piante si sviluppano e interagiscono con i microrganismi tellurici, patogeni ed antagonisti compresi. La soppressività, infatti, è la capacità di un suolo di limitare lo sviluppo di malattie fungine e batteriche (telluriche). Baker *et al.* (1974) hanno definito soppressivi quei suoli nei quali il patogeno non attecchisce e non persiste, oppure, attecchisce ma causa danni molto limitati. Come per i suoli agrari, tale definizione si estende bene anche a tutte le categorie di ammendanti impiegati in agricoltura, con particolare riguardo a quelli impiegati come substrato di allevamento delle piante nel settore ortoflorovivaistico. Non a caso, la capacità mostrata da questo tipo di substrati di sopprimere alcune tra le più importanti malattie, rappresenta un valore aggiunto alle loro positive proprietà chimiche e fisiche. Alcuni studiosi ritengono corretto distinguere la soppressione del patogeno, intesa come la diminuzione della capacità di crescita saprofitaria del patogeno e della sua stessa sopravvivenza, dalla soppressione della malattia, intesa come ostacolo al processo patogenetico.

Secondo Weller *et al.* (2002), esistono due tipologie di soppressività:

La *soppressività generale*, che è riconducibile all'attività ed alla biomassa microbica totale presente nel suolo. Tale tipo di soppressività non è trasferibile tra suoli. La soppressività generale si

riferisce a situazioni nelle quali diversi tipi di microrganismi presenti nel substrato di coltivazione funzionano da agenti di biocontrollo nella soppressione delle malattie (Boehm *et al.*, 1993; Hardy *et al.*, 1991). Alcuni patogeni vegetali come *Pythium* e *Phytophthora* spp. sono controllati attraverso la soppressività generale (Boehm *et al.*, 1993; Chen *et al.*, 1988b; Chen *et al.*, 1988a; Sivasithamparam, 1991; Mandelbaum *et al.*, 1990). È stato riportato che una microflora totale caratterizzata da elevata biomassa ed attività può prevenire la germinazione delle spore del patogeno e conseguentemente ridurre le potenzialità di infezione delle piante ospiti, presumibilmente attraverso microbiostasi (Chen *et al.*, 1988a; Mandelbaum *et al.*, 1990). L'elevata attività microbica determina un impoverimento di nutrienti essenziali alla sopravvivenza e moltiplicazione del patogeno (Chen *et al.*, 1988a), ma non ne determina la morte, ma solo dormienza (Chen *et al.*, 1988b; Mandelbaum *et al.*, 1990). La *soppressività specifica*, invece, è riconducibile all'attività di specifici gruppi di microrganismi (Hoitink *et al.*, 1991; Stone *et al.*, 2004) e, per questo, è anche trasferibile fra suoli.

La soppressività specifica è più qualitativa rispetto alla precedente, basandosi su effetti specifici di singoli individui o gruppi selezionati di microrganismi antagonisti sul patogeno durante una particolare fase del suo ciclo vitale (Cook *et al.*, 1983). Contrariamente a quanto visto per i suoli soppressivi, esistono anche suoli in cui il processo patogenetico viene favorito dall'ambiente e la malattia si manifesta più velocemente ed in modo acuto, producendo maggiori danni alle colture. Tali suoli non-soppressivi sono detti *conducivi* (o *conduttivi*).

## **2.4 I meccanismi della soppressività**

I suoli e gli ammendanti soppressivi, indubbiamente, devono questa loro importante proprietà ad una combinazione di fattori fisici, chimici e microbiologici. La soppressività, inoltre, dipende anche dal tipo di substrato utilizzato e dal patogeno da controllare (Boehm *et al.*, 1997; Hoitink *et al.*, 1999; El-Masry *et al.*, 2002; Boutler *et al.*, 2000;). In relazione ai fattori biologici coinvolti nella soppressività, i substrati soppressivi, probabilmente, sono il miglior esempio in cui la microflora nativa protegge effettivamente l'organismo vegetale dall'attacco dei patogeni tellurici. La soppressività imputabile ai fattori biologici, definita anche come *soppressività biologica del suolo* (attività soppressiva della componente biotica residente) risulta chiara ed evidente quando l'incidenza della malattia che vi si riscontra è nettamente inferiore a quella rilevata negli

stessi substrati sottoposti a trattamenti fisici con calore, che ne riducono (pastorizzazione) o eliminano (sterilizzazione) le attività biologiche (Chen *et al.*, 1987; Kuter *et al.*, 1988; Nakasaki *et al.*, 1998; Van Os *et al.*, 2001). Inoltre, in seguito al trasferimento di parte del substrato soppressivo non sterile, in quello sterilizzato (divenuto conduttivo), la soppressività generale viene ristorata completamente. In altre parole, la soppressività generale è determinata dalla biomassa microbica totale e dalla sua biodiversità. È, quindi, importante precisare che la soppressività non è mai imputabile ad un singolo microrganismo (Cook *et al.*, 1983; Mazzola, 2004). Oltre che attraverso trattamenti termici intensi (autoclave), comunemente la soppressività biologica viene eliminata anche con la sterilizzazione mediante raggi gamma. A differenza della sterilizzazione totale con il calore, la fumigazione o la pastorizzazione, riducono l'intensità dell'attività soppressiva biotica, ma non la eliminano completamente. Nella soppressività specifica, invece, il ruolo attivo nel determinismo della soppressività da parte di specifici gruppi microbici viene confermato

dal fatto che il trasferimento di una aliquota (1-10%) di substrato soppressivo in quello conduttivo conferisce a quest'ultimo i caratteri del primo. Il substrato conduttivo, quindi, acquista la soppressività in seguito all'aggiunta della nuova comunità microbica. L'importanza della microflora nel determinismo della soppressività può essere dimostrata in diversi modi. Ad esempio, la misura dell'attività enzimatica idrolitica complessiva, che è una stima dell'attività microbica totale, spesso è utilizzata come indice della soppressività verso malattie dovute a *P. ultimum*, *R. solani* ed altri patogeni (Chen *et al.*, 1989a; Chen *et al.*, 1989b).

L'attività microbica totale, la biomassa, le popolazioni microbiche, i profili genetici e metabolici delle comunità microbiche residenti, la respirazione del substrato, oltre ad altre specifiche attività enzimatiche, sono state associate alla soppressività (Chen *et al.* 1988; Tuitert *et al.*, 1998; Diab *et al.*, 2003; Noble *et al.*, 2005; Pérez-Piqueres *et al.*, 2006).

La principale causa di soppressione delle malattie dovuta ad ammendanti organici è rappresentata dall'attività biologica che si esplica attraverso l'azione dei microrganismi ivi residenti. Tali microrganismi implicati nel controllo delle malattie sono come microrganismi benefici o agenti di biocontrollo. L'attività dei microrganismi benefici all'interno della comunità microbica e la loro risposta alle riserve energetiche disponibili nei compost sono alla base del controllo delle malattie (Hoitink *et al.*, 1999). La concentrazione e la disponibilità di nutrienti e fonti di carbonio (quali carboidrati, lignina, cellulosa, chitina, lipidi, etc.) all'interno degli ammendanti organici, gioca un ruolo critico nella regolazione dell'attività di questi microrganismi (Hoitink *et al.*, 1997).

Sono stati proposti meccanismi diversi e complementari per spiegare la capacità degli ammendamenti organici di aumentare la soppressività dei substrati di coltivazione (Hoitink *et al.*, 1999; Hoitink *et al.*, 1996a; Lockwood, 1988):

- 1) aumento dell'attività dei microbi antagonisti (Hoitink *et al.*, 1999);
- 2) incremento della competizione per le risorse a discapito dei patogeni ed insorgenza della fungidistasi (Lockwood, 1990);
- 3) rilascio di composti fungitossici durante la decomposizione della sostanza organica (Smolińska, 2000; Tenuta *et al.*, 2002);
- 4) induzione della resistenza sistemica nelle piante ospiti (Zhang *et al.*, 1996; Pharand *et al.*, 2002).

È da sottolineare che la comunità microbica residente nella sostanza organica sopravvive in condizioni di forte pressione competitiva per i materiali organici prontamente degradabili e per i nutrienti energetici nell'ambiente tellurico (Stone *et al.*, 2004). Tipicamente, la competizione per i nutrienti, come zuccheri ed aminoacidi, inizia con la competizione per gli essudati radicali e dei semi in germinazione (De Brito *et al.*, 1995; Hoitink *et al.*, 1999).

Molti patogeni vegetali sono deboli saprofiti (organismi che si sviluppano nutrendosi di materiale organico morto o in decomposizione) e, quindi, scarsi competitori per i nutrienti nei sistemi organici. Questa lotta per le sostanze energetiche termina con la repressione della germinazione e sviluppo miceliare del patogeno (microbiostasi) (Lockwood, 1990).

Comunque, in contrasto con le potenzialità degli ammendamenti organici, diverse incertezze circa la loro efficacia ne limitano, di fatto, le applicazioni pratiche. Per esempio, alcuni studi indicano che l'efficacia degli ammendamenti con sostanza organica è variabile ed, in alcuni casi, può addirittura determinare un aumento della severità della malattia (Mazzola *et al.*, 2001; Tilston *et al.*, 2002; Pérez-Piqueres *et al.*, 2006).

Dopo aver esaminato un gran numero di studi sull'effetto dell'ammendamento organico nella riduzione dell'incidenza delle malattie (250 articoli e 1964 casi), Bonanomi *et al.* (2007) ha riportato che nel 45% dei casi veniva registrata soppressività, nel 35% non si avevano effetti significativi, mentre nel restante 20% si è avuto un effetto conducivo. La capacità soppressiva varia

notevolmente tra i diversi tipi di sostanza organica. L'aumento dell'incidenza delle malattie in seguito alle applicazioni di sostanza organica è stato spesso associato sia all'incremento dell'inoculo del fungo fitopatogeno, poiché la sostanza organica potrebbe fornire il substrato per la sua crescita saprofitaria (Croteau *et al.*, 1998; Manici *et al.*, 2004; Bonanomi *et al.*, 2006a), sia al rilascio di composti fitotossici (Cochrane, 1948; Patrick, 1971; Bonanomi *et al.*,



2006b), che possono causare danni alle radici delle piante e predisporle all'attacco del patogeno (Patrick *et al.*, 1965; Ye *et al.*, 2004). I risultati non consistenti della lotta alle malattie con gli ammendanti organici ha prodotto scetticismo negli agricoltori in merito all'uso di questi materiali. Inoltre, nonostante l'ampio numero di studi, non ci sono metodi capaci di predire l'effetto della sostanza organica sui patogeni nel suolo (Erhart *et al.*, 1999; Scheuerell *et al.*, 2005; Termorshuizen *et al.*, 2007). Attualmente, un gran numero di studi sono incentrati su diversi aspetti degli ammendanti organici: la capacità di tipi di sostanza organica di contenere diversi patogeni vegetali (Abawi & Widmer 2000; Akhtar *et al.*, 2000; Litterick *et al.*, 2004; Noble *et al.*, 2005), e sostenere l'attività dei microbi benefici (Hoithink *et al.*, 1999); l'applicazione del compost tea e degli estratti acquosi dei compost (Scheuerell & Mahaffee, 2002); l'eradicazione di patogeni durante il processo di compostaggio (Noble & Roberts, 2004); le proprietà dei suoli soppressivi (Janvier *et al.*, 2007).

## Il ruolo della sostanza organica

---

### 3.1 Importanza della sostanza organica

Il ruolo della sostanza organica negli agroecosistemi vegetali è primario, in combinazione alla matrice inorganica (aggregati terrosi) di origine litologica. Il concetto di fertilità molte volte abusato, non è altro che una “condizione” che si viene a creare nel sistema suolo quando i diversi parametri della fertilità sono in equilibrio tra di loro.

Una delle funzioni di fondamentale importanza della sostanza organica è da ricercare nell'azione aggregante: formazione dell'aggregato terroso, strutturazione del suolo, aereazione, permeabilità, riduzione della plasticità, adesività, prolungato stato di tempera del suolo.

La sostanza organica è un fattore centrale per il funzionamento degli agroecosistemi, rappresenta il punto di partenza e di arrivo della evoluzione ciclica della materia dalla quale dipende la fertilità del suolo, ovvero l'attitudine a sostenere nel tempo le colture. Attualmente, a causa dell'intensificazione delle attività agricole, il ciclo della sostanza organica risulta nettamente sbilanciato verso la fase di mineralizzazione, a netto svantaggio della fase di umificazione. Risulta invece necessario mantenere nei sistemi agrari il delicato equilibrio tra accumulo e consumo della sostanza organica, indispensabile per non compromettere le condizioni di fertilità dei terreni. Per questo motivo è necessario comprendere tutti gli aspetti legati al ciclo della materia nel suolo, con riferimento sia alle sue proprietà e funzioni che alle tecniche agronomiche che ne influenzano il contenuto nel terreno.

La sostanza organica include residui di piante, di animali e di microrganismi, nei vari stadi di decomposizione, e sostanze sintetizzate dalla popolazione vivente del terreno. La frazione organica è quindi costituita:

- dalle biomasse vegetali, animali e microbiche;
- dalle necromasse integre o in fase di demolizione delle strutture cellulari;
- da molecole semplici che si liberano dalle biomasse o dalle necromasse;
- da molecole umiche che si originano dalle unità organiche più semplici per effetto di una serie di reazioni biochimiche.

Quando la sostanza organica è molto ben decomposta in seguito ad una serie di reazioni chimiche in determinate condizioni pedoclimatiche si forma l'humus: parte della materia organica del terreno di colore bruno scuro derivante dalla trasformazione dei residui organici mediante processi biologici e chimico-fisici. La formazione dell'*humus* nel suolo deriva soprattutto dall'attività dei batteri che decompongono le sostanze organiche, animali e vegetali, trasformandole profondamente. La materia organica nel suolo è in trasformazione continua, per cui è difficile distinguere l'humus propriamente detto dai residui che si stanno decomponendo. L'humus è costituito da un gruppo di sostanze particolari per composizione e proprietà fisiche e chimiche, indicate con il nome generico di composti umici. Di questi, una buona parte è data dagli *acidi umici*, solubili negli alcali; un'altra parte, insolubile, è formata dall'*umina*, costituita da composti pectici, lignina e acidi umici strettamente legati ai componenti minerali argillosi del suolo. Poiché la formazione dell'humus è influenzata da un gran numero di fattori biochimici, fisico-chimici e ambientali, oltre che dalla natura della sostanza organica di partenza, ne consegue che, a seconda della composizione e delle modalità di formazione, si possono distinguere vari tipi di humus: *humus stabile* quello che deriva dalla decomposizione lenta di residui vegetali a struttura complessa (ricchi di lignina), *humus labile o di nutrizione* quello che proviene dalla degradazione rapida di residui vegetali più semplici, teneri e immaturi. L'humus costituisce un fattore essenziale della fertilità del suolo poiché ne modifica le proprietà fisico-chimiche, migliorandone la struttura, favorendo la solubilizzazione degli elementi minerali che vengono così resi disponibili per le piante, ostacolando l'azione dilavante delle acque di pioggia, rendendo il suolo più poroso e stimolando quindi l'attività della microflora. La presenza dell'humus è perciò essenziale per la formazione del terreno agrario. Escludendo i cosiddetti terreni organici, generalmente, il contenuto di sostanza organica nei suoli oscilla tra l'uno e il due per cento. Tutte le proprietà fisiche del terreno sono in stretta relazione con la quantità e la qualità della sostanza organica; variazioni anche piccole del suo contenuto, provocano mutamenti consistenti delle caratteristiche fisiche del suolo. La presenza della sostanza organica, attraverso l'interazione con gli altri componenti del suolo, determina le condizioni per una buona struttura del suolo. Ciò produce un efficace ricambio di aria tellurica ed una maggiore facilità di drenaggio; inoltre comporta un miglioramento delle possibilità di penetrazione delle radici, nonché una maggiore resistenza del suolo alla compattazione o alla polverizzazione; infine favorisce le condizioni ottimali per lo sviluppo e la funzione attiva della biomassa. Il possesso e la conservazione di una buona struttura del suolo sono aspetti connessi direttamente al fenomeno

dell'erosione; processi di smottamento e perdita di suolo, in ambiente mediterraneo, sono praticamente inesistenti in suoli con un contenuto medio di sostanza organica di 1.3-1.8%.

La sostanza organica influisce fortemente sulla densità apparente del suolo: infatti una variazione anche piccola del suo contenuto (ad esempio dall'1 al 3%), comporta una diminuzione della densità apparente del suolo di circa il 50%. Ciò è dovuto all'aumento di porosità determinato dalla formazione di nuovi aggregati. La sostanza organica influenza la capacità di ritenzione idrica del terreno, non solo perché condiziona l'aggregazione strutturale e quindi la porosità, ma anche per l'effetto diretto che le sostanze umiche possono provocare, trattenendo fino a quattro volte il loro peso d'acqua. La sostanza organica svolge un ruolo importante nella nutrizione delle piante: gli elementi nutritivi presenti in essa (azoto, fosforo, potassio, calcio, zolfo, microelementi), costituiscono una riserva potenzialmente assimilabile, la cui quantità nel suolo è tale da soddisfare le esigenze delle colture per numerosi anni. Ad esempio l'azoto nel suolo è presente in gran parte in composti organici (95-99% del totale). La sostanza organica, tra i vari componenti del suolo, è senz'altro la più reattiva dal punto di vista chimico. Ciò è dovuto al fatto che essa rappresenta fino al 46% della superficie specifica di un suolo: quella, cioè, su cui si produce la maggior parte delle reazioni chimiche tra fase solida e fase liquida. La sostanza organica presenta una elevata capacità di scambio anionico, per la quale contribuisce in media, rispetto ai costituenti minerali, nella misura di circa il 50%. Tale percentuale varia a seconda del tipo di copertura vegetale, delle condizioni climatiche e del tipo di suolo. La sostanza organica è estremamente importante come fattore di controllo della disponibilità di microelementi: la solubilità di metalli come ferro, zinco, nichel, cobalto e manganese è regolata dalla formazione di complessi tra ioni metallici e le frazioni solubili della sostanza organica. Talvolta possono formarsi complessi caratterizzati da elevata stabilità (chelati), che hanno un effetto regolatore sulla disponibilità del metallo per le piante.

L'attitudine di un suolo ad opporsi alle variazioni di pH, cioè la sua capacità tampone, è dovuta anche alla sostanza organica, soprattutto alla frazione ricca di gruppi carbossilici e ossidrilici fenolici; ciò contribuisce a mantenere nel terreno valori di pH ottimali per lo svolgimento di molte reazioni chimiche e dei processi biologici. La sostanza organica influenza indirettamente il potenziale di ossidoriduzione del suolo poiché contribuisce a mantenere una buona struttura ed un'adeguata porosità e permette, quindi, ottimali condizioni di areazione e di drenaggio del suolo impedendo l'instaurarsi di condizioni asfittiche.

Le quantità di sostanza organica ed umica presenti nel terreno dipendono non solo dalle quantità e qualità dei residui e dei concimi organici che pervengono al suolo, ma anche dalla velocità e dal tipo di processi di mineralizzazione ed umificazione a cui tali residui sono

sottoposti. La mineralizzazione indica la conversione dei nutrienti da forme organiche a inorganiche; tale processo include numerose reazioni ed il passaggio a numerosi prodotti intermedi.

L'intensità dei processi di mineralizzazione non è uniforme nel suolo: infatti è maggiormente evidente in prossimità delle radici (rizosfera) dove l'attività dei microrganismi, stimolati dagli essudati organici radicali, permettono il rilascio di azoto, fosforo e zolfo. La mineralizzazione della sostanza organica è comunque influenzata da vari fattori: temperatura (procede lentamente al disotto di 4 °C, ma aumenta rapidamente con l'innalzamento della temperatura fino a 40 °C); disponibilità di ossigeno ed umidità (è più alta in presenza di ossigeno, piuttosto che in suoli eccessivamente bagnati); pH (la mineralizzazione è più rapida in suoli neutri, piuttosto che in suoli acidi); disponibilità di sostanze nutritive inorganiche (aumenta con la disponibilità o l'aggiunta di azoto); rapporto C/N dei residui vegetali (procede più lentamente con alti rapporti C/N).

Le lavorazioni aumentano le perdite di sostanza organica nei primi 25 anni possono ammontare anche al 50%; successivamente, la velocità di demolizione rallenta. Perdite di sostanza organica avvengono anche dopo un disboscamento o la messa a coltura di un pascolo. La sostanza organica è la principale fonte di energia e di nutrienti per microrganismi del suolo e per l'attivazione dei loro processi vitali. Con la respirazione il carbonio organico ritorna nell'atmosfera, sotto forma di anidride carbonica. Attraverso il processo di umificazione il carbonio invece permane nel terreno, sotto forma di molecole umiche. In sintesi, la quantità di sostanza organica in un suolo è il risultato dell'equilibrio tra materiale proveniente da piante e animali e perdite per decomposizione. Gli apporti e le perdite sono entrambi fortemente controllati dalle attività di gestione del suolo.

### **3.2 Gestione del sistema suolo per il mantenimento della sostanza organica**

Negli ultimi decenni la ricerca ha favorito lo sviluppo di pratiche agricole “amiche del suolo”. Pratiche che si propongono di conciliare lo sviluppo agricolo alla conservazione della biodiversità dei suoli. E' il caso dell'agricoltura conservativa, un'agricoltura che si fonda sulla riduzione e l'abbandono delle tecniche di coltivazione “convenzionali” e sull'adozione di lavorazioni meccaniche ridotte o, addirittura, sulla non-lavorazione dei terreni. Con l'espressione “Agricoltura Conservativa” si intende un tipo di agricoltura che prevede un ridotto disturbo del suolo attraverso lavorazioni minime o non lavorazione del terreno, una copertura del suolo con residui colturali di origine vegetale (*cover crops*) al fine di ridurre i fenomeni erosivi, una rotazione colturale dedicata e finalizzata a controllare le malerbe, gli attacchi parassitari e le malattie crittogamiche. I sistemi conservativi di gestione del terreno

vengono introdotti più di 70 anni fa negli Stati Uniti, principalmente per contrastare l'erosione del suolo. Le lavorazioni ridotte e, in particolare, la non lavorazione dei suoli riducono sensibilmente la pressione esercitata dall'agricoltura sul sistema tellurico e amplificano la capacità del suolo di immagazzinare acqua, nutrienti e sostanza organica. Questo si traduce in un maggior livello di attività biologica dei suoli ed in un conseguente incremento della biodiversità tellurica.

In tutto il mondo il No-till è adottato su quasi 100 milioni di ettari, circa il 7% delle superfici agricole mondiali. Di questi, circa l'85% è concentrato in nord e sud America.

### **3.3 Importanza della sostanza organica per ridurre la stanchezza del suolo**

La stanchezza del terreno, si manifesta dopo lunghi periodi, quindi talvolta il cattivo rendimento della coltura e la necessità di una maggiore quantità di input energetici viene attribuita all'andamento stagionale, errori nell'itinerario tecnico ecc.. Pertanto il manifestarsi di anomalie produttive sulla coltura in ordinamenti colturali ingessati rappresenta un sintomo premonitore del degrado della fertilità, ed è perciò di questa proprietà che bisogna discutere.

In prima approssimazione, la fertilità è la “capacità di un suolo di fornire nutrienti essenziali per la crescita dei vegetali” (SSSA, 1996). Questa definizione non assegna al terreno una funzione regolativa se non quella di fornire nutrienti, e quindi giustifica l'ampio uso di input esterni (nutrienti e agrofarmaci ) spesso non necessari. In una definizione più articolata, la fertilità è la “capacità di un suolo di sostenere la crescita delle piante da ogni punto di vista; le componenti della fertilità sono chimiche, fisiche, microbiologiche ed altre” (Sequi e Chéroux, 1998). Il suolo è parte attiva della produzione perché sostiene non solo la crescita ma anche altri fattori positivi, si può pensare che sia sottintesa la qualità o l'efficienza del processo produttivo. Inoltre, si apre a considerare altri elementi della fertilità quali le allelopatie, ovvero il comportamento di relazione tra organismi basato sullo scambio di segnali chimici. Quest'ultimo aspetto è incluso anche nella definizione di fertilità di Zucconi (1996): “Capacità dell'ecosistema suolo di creare condizioni di vivibilità per le piante; è una proprietà intrinseca del suolo in grado di contribuire alla crescita delle piante e, in agricoltura, alla loro produttività”.

La fertilità permette crescite rapide, efficienti e con piante sane, ovvero in un ambiente in grado di ridurre l'incidenza delle malattie e con piante meno suscettibili perché equilibrate. Questo tipo di fertilità dovrebbe essere l'obiettivo di tutte le attività agricole e in modo particolare in quelle con disciplinare “biologico”.

Si sottolinea che il fattore intrinseco che determina la fertilità del suolo è l'humus. Ricordiamo che quest'ultimo può essere solo superficialmente scambiato con il contenuto di

sostanza organica. Esso è il prodotto stabile della degradazione della sostanza organica, ottenuto attraverso processi di polimerizzazione dei cataboliti e dei residui della decomposizione (Zucconi 1996). Le proprietà che l'humus concorre a conferire al terreno sono coincidenti con quelle della fertilità: è un colloide con grande superficie specifica, elevata capacità di assorbire acqua, di chelare microelementi, di scambiare macroelementi, e determina la struttura, nonché micro e macroporosità; infine, coopera con il processo di stabilizzazione dei residui organici. Va sottolineato che l'attività agricola tende a ridurre la fertilità nel momento in cui si mette a coltura un terreno. La coltivazione, infatti, riduce la diversità e il processo di umificazione, e d'altra parte sfrutta il momentaneo vantaggio dovuto alla maggiore mineralizzazione e quindi alla più elevata disponibilità di elementi. La presenza di quantitativi elevati di sostanza organica nel terreno consente maggiore autonomia delle colture. Il ripristino di un ciclo "virtuoso" della sostanza organica è però legato alla conoscenza di come questa evolve ed umifica, e dell'impatto che le diverse fasi evolutive dei residui organici nel terreno hanno sulla radice e sulla nutrizione. I fattori dell'umificazione, secondo Zucconi (1996), vanno ricercati nella diversità dei residui organici e nella contemporanea presenza di vari microrganismi in ambiente microaerobico. Un errore nella gestione dei residui e dell'umificazione può comportare un accumulo temporaneo di metaboliti tossici, una prevalenza di microrganismi che ciclicamente si alternano (invece di cooperare) e riducono la diversità presente nel suolo a vantaggio dell'inserimento dei patogeni. Questo avviene con aumentata probabilità laddove predomina una sola coltura in monosuccessione.

Migliorare l'umificazione attraverso un aumento della diversificazione dei residui rappresenta la chiave per raggiungere una sostenibilità più elevata della coltivazione del melo, per assicurare una soppressione più efficace dei patogeni e per contenere la stanchezza del terreno.

## Il ruolo delle cover crops negli agroecosistemi intensivi

---

### 4.1 Le Cover Crops come fonte di biomassa

L'introduzione di cover crops in ordinamenti orticoli è di fondamentale utilità poiché rappresentano un'importantissima fonte di biomassa, la quale può essere lasciata in superficie (pacciamatura organica) o interrata (sovescio). L'integrazione al sistema suolo della biomassa vegetale apporta vari composti di elevato valore biologico generati durante la degradazione (Bruce *et al.*, 1991). Il sovescio rappresenta un trasferimento di energia e materia al suolo sottoforma di biomassa vegetale. Lo scopo principale della materia vegetale è quello di alimentare la catena del detrito, fornendo il pabulum per la microfauna e microflora e per la mesofauna, migliorando le condizioni di abitabilità del terreno.

Gli effetti dovuti all'interramento sono vari, poiché riguardano tanto gli aspetti biologici che quelli di natura chimica del suolo, al punto che è praticamente impossibile trattarli in maniera separata. La maniera più semplice ed evidente per valutarli tiene conto del beneficio indotto sulle colture successive (MacRae *et al.*, 1985).

Il sovescio influenza, in primo luogo il contenuto di sostanza organica del suolo; l'entità dell'effetto e la sua durata sono difficili da stimare per la molteplicità dei fattori coinvolti: tipologia del materiale interrato, soprattutto come riferimento al C/N, natura del suolo (tessitura, pH, contenuto di sostanza organica) e caratteristiche climatiche. L'interramento della biomassa rifornisce il sistema microbico di una sorgente di sostanza organica che se ricca in N, subisce una rapida decomposizione e che in ogni caso stimola l'attività biologica del suolo, influenzando gli enzimi (Beck, 1984) responsabili dei processi di mineralizzazione della sostanza organica. L'elevata attività enzimatica si oppone ai rallentamenti vegetativi indotti dagli erbicidi, diserbanti e costituisce un correttivo dei loro effetti negativi (Beck, 1984).

La funzione del sovescio è di fondamentale importanza per il mantenimento di un buon livello di sostanza organica nei sistemi colturali ma soprattutto nei suoli, condotti convenzionalmente.



Il più importante contributo del sovescio quando si utilizza una leguminosa è costituito dall'incremento dell'azoto nell'agroecosistema. L'effetto di suddetta pratica non è tanto quello di restituire le riserve di humus del terreno, quanto di fornire con sufficiente prontezza gli elementi nutritivi assimilati dalla coltura sovesciata ( Bottini, 1954)

Negli ambienti caldi aridi è stato stimato che il beneficio per la prima coltura successiva a semina autunnale ammonta a circa il 10-20% dell'azoto apportato con l'interramento, mentre la restante quota si rende disponibile nelle stagioni successive (Ladd *et al.*, 1986). In una prova condotta negli ambiente del meridione d'Italia (Puglia) Pantanelli utilizzando varie specie di leguminose (favetta, veccia, sulla, pisello, medica) ha trovato una stretta relazione tra la quantità di biomassa interrata e il risultato produttivo della coltura cerealicola seminata l'autunno successivo, arrivando alla conclusione che in condizioni di clima arido il sovescio sarà tanto più efficace quanto più tardi verrà effettuato. Nel controllo dei nematodi è stato riscontrato un effetto più evidente. Le norme di azione possono essere così individuate:

- 1) Costituzione di un ambiente non ospitale che inibisce la loro riproduzione;
- 2) Secrezione di composti tossici.

L'utilizzo delle cover crops può influenzare, sia in modo positivo che negativo, le fitopatie. L'azione delle cover crops dipende dal fitopatogeno, dal tipo di cover crops e dalla sua gestione. I residui derivanti dalla decomposizione della coltura sembrano avere un ruolo di fondamentale importanza nel ridurre l'incidenza e la gravità della malattia con cui i residui vegetali lasciati in pieno campo possono influenzare i fitopatogeni:

- 1) Possono fornire cibo e un ambiente ottimale per la riproduzione;
- 2) Possono influenzare l'ambiente fisico occupato dall'ospite e dal patogeno;
- 3) Se interrati, l'intensificata attività microbiologica del suolo può portare alla formazione di vari prodotti di decomposizione (fungitossici), che interagiscono con il patogeno, con l'ospite, o con entrambi.

Per altri autori è molto importante il ruolo dei residui nell'evitare che l'azione delle gocce di pioggia schizzando (splashing) sul terreno diffondano le spore dei fitopatogeni. (Fitt 1986, Gilbert 1956, Galindo 1983, Moreno 1984, Rowe-Dutton 1957); in altri casi la mancanza di diretto contatto tra la parte aerea ed il suolo può prevenire la trasmissione di malattie.

#### **4.2 Utilizzo delle Cover Crops in Agroecosistemi Mediterranei**

L'introduzione delle colture di copertura (cover crops) in ordinamenti colturali intensivi, risale

a oltre 2000 anni fa, quando in Cina e nel bacino del Mediterraneo erano coltivate piante appartenenti alla famiglia delle leguminose, per l'alimentazione umana e animale, che poi venivano sovesciate ed interrate, al fine di apportare azoto nel terreno a beneficio della coltura successiva.

Nell'ultimo cinquantennio la produzione di fertilizzanti di sintesi, a costi relativamente contenuti, ha determinato un sostanziale abbandono dell'uso delle colture di copertura e in generale di tutte le tecniche agronomiche riguardanti la consociazione, per supplire alle carenze di azoto nel suolo (Power, 1987). Da qualche tempo si sta assistendo a un crescente interesse verso queste pratiche agricole incentivate dai ricercatori del settore che da parte degli agricoltori i quali guardano alle cover crops, come un importante elemento per gestire la fertilità del suolo, rendere più efficiente il ciclo degli elementi nutritivi, dell'acqua, incrementare il contenuto di sostanza organica e migliorare le proprietà strutturali del terreno (Shennan, 1992). Le cover crops svolgono un importante ruolo nel controllo della flora infestante, e sulle popolazioni di insetti e patogeni del suolo.

I potenziali benefici delle colture di copertura sono riportati nella tabella 4.1.

**Tabella.4 1** Benefici delle colture di copertura (Lal *et-al.*, 1991).

<b>Accrescimento della struttura del suolo</b>	<b>Miglioramento della fertilità del suolo</b>	<b>Controllo degli organismi dannosi</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Migliore aggregazione delle particelle</li> <li>• Incremento della macroporosità</li> <li>• Migliore infiltrazione dell'acqua</li> <li>• Diminuzione del "runoff"</li> <li>• Riduzione dell'erosione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riciclo degli elementi nutritivi</li> <li>• Incremento dell'azoto fissato biologicamente</li> <li>• Incremento della sostanza organica</li> <li>• regolazione della temperatura e conservazione dell'acqua nel suolo quando utilizzate come mulch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimento di un favorevole bilancio tra organismi dannosi e loro predatori</li> <li>• Maggiori diversità biologica negli agroecosistemi</li> </ul>

Le cover crops non sono pertanto coltivate come colture specializzate per essere allontanate dal sistema suolo, ma piuttosto per riempire quell'intervallo nel quale il suolo rimane nudo tra

la coltivazione di due colture principali. Molte colture di copertura sono coltivate durante la stagione fredda, nelle latitudini settentrionali, e durante la stagione secca, nelle regioni tropicali. In ambiente mediterraneo possono essere utilizzate specie a crescita sia estiva che invernale, anche se molti Autori ritengono sia più conveniente l'uso delle cover crops che si sviluppano durante il periodo freddo dell'anno.

Shennan (1992) osserva che gli ambienti caratterizzati da inverni miti e piovosi ed estati secche e calde, come quelle che si riscontrano in ambiente mediterraneo, favoriscono alti tassi di crescita e di accumulo di azoto da parte delle cover crops invernali, così come una rapida decomposizione dei residui organici incorporati nel suolo in primavera. Miller *et al.*, (1989) hanno rilevato che la coltivazione delle cover crops invernali è preferibile a quelle estive nell'ambiente mediterraneo e della California perché normalmente non sono richiesti interventi irrigui e inoltre le specie a crescita invernale si adattano meglio ad essere inserite nei sistemi agricoli aziendali.

Recentemente, questo rinnovato interesse verso le colture di copertura a crescita invernale ha favorito una serie di ricerche riguardanti lo studio dei principali aspetti legati all'uso delle cover crops quali le modificazioni indotte nel ciclo dell'azoto e nelle proprietà fisiche e biologiche del suolo, nella dinamica delle popolazioni degli insetti patogeni e delle erbe infestanti.

#### **4.3 Effetti delle cover crops sulle caratteristiche fisiche del suolo**

Le colture di copertura o cover crops a crescita invernale, assicurano la copertura del terreno durante il periodo piovoso dell'anno, proteggono la superficie del suolo dai fenomeni erosivi attraverso: l'intercettamento, la riduzione dell'energia di impatto delle gocce di pioggia, la riduzione del "runoff" superficiale (Vanvlie *et al.*, 1997), l'incremento dell'acqua infiltrata (Saunju e Singh, 1997), e promuovono l'aggregazione delle particelle del suolo (Barber, 1959).

La biomassa organica apportata al suolo con le colture di copertura ha un ruolo determinante nell'incrementare la frazione pesante dei carboidrati nel terreno che è responsabile dell'aggregazione delle particelle del suolo (Roberson. *et al.*, 1991, 1995) e della loro stabilità nei confronti dell'azione dell'acqua (Mc Vay *et al.*, 1989). Durante inverni piovosi e prolungati periodi di ristagno idrico, Hermawan e Bomk (1997) hanno dimostrato che alcune colture di copertura, come loiessa (*Lolium multiflorum* L. Lam) e segale (*Secale cereale* L.), proteggono gli aggregati terrosi della parte superficiale del suolo dalla destrutturazione che si verifica invece nel suolo nudo.

Da un'indagine condotta da Langdale *et al.*, (1991) nel sud-est degli Stati Uniti, risulta che

l'utilizzazione delle cover crops riduce l'erosione tra il 47 e il 96 % rispetto ad una situazione di suolo nudo.

Gli effetti sul suolo non sono limitati al periodo di crescita e di vita delle colture di copertura ma normalmente, si protraggono per un periodo di tempo più lungo. Folorunso *et al.*, (1992) rilevano, in differenti tipi di suolo, che il sovescio ripetuto regolarmente per più anni riduce la resistenza superficiale del suolo all'infiltrazione idrica ed incrementa la quantità di acqua infiltrata rispetto al controllo senza sovescio.

Quando le colture di copertura non vengono sovesciate, ma utilizzate come mulch (pacciamatura organica) in sistemi a ridotta o zero lavorazione, si riscontrano altri benefici. I residui vegetali, lasciati ad essiccare sulla superficie del terreno, intercettano la radiazione solare modificando in tal modo la temperatura del suolo e gli scambi gassosi tra atmosfera e terreno, esercitando un effetto "barriera". La biomassa aerea della cover crop essiccata e lasciata sulla superficie del suolo è particolarmente efficiente nel ridurre l'escursione termica nello strato più superficiale del suolo (Ashworth e Harrison, 1983; Bristow, 1998; Teasdale e Mohler, 1993; Abdul-Baki e Teasdale, 1993) e contrastare le perdite di acqua per evaporazione (Bond e Wills, 1969; Hilled, 1982; Clark *et al.*, 1997). Questi effetti sono tanto più marcati quanto maggiore è la quantità e la persistenza dei residui sulla superficie del terreno (Wagner-Riddle *et al.*, 1994).

L'adozione della tecnica della pacciamatura organica potrebbe risultare utile in ambiente mediterraneo durante il periodo estivo, quando la temperatura del suolo risulta essere troppo elevata per un ottimale accrescimento delle piante, e l'acqua risulta essere un fattore limitante per la coltivazione di molte colture primaverili-estive. Barley (1954), rileva che, quando il sistema radicale di una cover crop si decompone, si produce un'abbondante e continua "bioporosità" che favorisce la penetrazione dell'aria e dell'acqua nel suolo. Questo sistema di pori può inoltre essere utilizzato come via preferenziale di penetrazione delle radici della successiva coltura estiva, qualora la matrice fosse particolarmente resistente (Bottini, 1954; Ehlers, *et al.*, 1983). A conferma di questa ipotesi, Stirzacher e White (1995) hanno rilevato che la produzione di una coltura di lattuga (*Lactuca sativa* L.) è incrementata dalla presenza del mulch di trifoglio sotterraneo (*Trifolium subterraneum* L.) in condizioni di suolo compatto, mentre non appare nessun beneficio produttivo quando il terreno ha un buon rapporto tra macro e micropori. In qualsiasi modo vengano utilizzate, le colture di copertura hanno una marcata influenza sul contenuto idrico del suolo che risulta essere modificato in relazione ai seguenti parametri:

- 1) perdita dell'acqua per traspirazione;

- 2) ridotta evaporazione di acqua dal sistema suolo;
- 3) maggiore infiltrazione e ritenzione di acqua meteorica;

Generalmente l'umidità del suolo al momento della soppressione di una coltura di copertura è inferiore rispetto a quella rilevata in un suolo nudo (Campbel *et al.*, 1984; Badaruddin e Mayer, 1989); è questo uno dei maggiori svantaggi riscontrati dall'uso delle cover crops nei sistemi colturali in asciutto di tipo mediterraneo, in quanto si possono ridurre le disponibilità idriche per la coltura che segue (Uomo *et al.*, 1990).

Per evitare questo inconveniente, alcuni Autori (Munawar *et al.*, 1990; Ewing *et al.*, 1991) suggeriscono che, in presenza di stagioni particolarmente siccitose è preferibile sopprimere la coltura di copertura alcune settimane prima dell'impianto della coltura che segue (1-3 settimane) per ridurre il rischio derivante da eventuali stress idrici. Tuttavia quando le colture di copertura sono convertite in mulch (pacciamatura organica), riducono notevolmente l'evaporazione di acqua dal suolo e in seguito a precipitazioni si ha un miglioramento del livello di infiltrazione. (Blevins *et al.*, 1971; Clark *et al.*, 1997). Il momento di intervento per la trinciatura della cover crop è di estrema importanza affinché la biomassa verde, integrata al suolo, rilasci in esso elementi nutritivi e acqua, di fondamentale importanza per la successiva coltura.

#### **4.4 Effetti delle cover crops sulle caratteristiche chimiche del suolo**

Le colture di copertura influiscono direttamente sui cicli geobiochimici della materia. La dinamica evolutiva e l'effetto delle cover crops è tangibile nel lungo periodo. Le colture intercalari incrementano l'efficienza dell'uso dei nutrienti, all'interno degli agroecosistemi (Lal

*et al.*, 1991; Lal, 1997; Reicosky and Forcella, 1998; Staver and Brinsfield, 1998; Delgado, 1998).

Le cover crops a crescita invernale, seminate dopo la raccolta di una coltura primaverile-estiva, rimuovono l'azoto residuo ( $\text{NO}_3^-$ ) rimasto nel suolo, anione estremamente mobile lungo il profilo del suolo, che rappresenta un potenziale inquinante per le falde acquifere (Brandidohrn *et al.*, 1997; Kuo *et al.*, 1995; Meisinger *et al.*, 1991). La perdita dell'elemento azoto è particolarmente accentuata nelle aree mediterranee, dove le precipitazioni sono particolarmente concentrate nel periodo autunno-vernino, fase di ridotta richiesta evapotraspirativa e organicazione dell'elemento (N) che viene facilmente traslocato nella falda freatica e nei canali di scarico. L'anione nitrico, in autunno, viene in buona parte perso per lisciviazione e denitrificazione quando estati secche ed eccessive concimazioni causano la presenza di alti livelli di fertilizzanti azotati nel suolo (Legg e Meisinger, 1982). I numerosi

studi condotti sull'argomento, hanno evidenziato una differente capacità delle diverse specie utilizzate, come colture di copertura, a immobilizzare l'azoto disponibile nel suolo. In generale le graminacee sono tra quelle più efficienti (Groffman *et-al.*, 1987; Meisinger *et-al.*, 1991; Mc Cracken *et-al.*, 1994; Kuo *et-al.*, 1995) in virtù di un apparato radicale esteso che permette di esplorare un grande volume di suolo (Evans 1997). Shipley *et-al.*, (1992) hanno osservato che l'abilità di conservare l'azoto residuo dipende, non solo dalla capacità di estrarre l'elemento dal suolo, ma anche dal periodo di crescita della cover crops correlato con il periodo nel quale si ha perdita dell'anione.

Le graminacee, in particolare segale e loiessa hanno una maggiore velocità di crescita e sono meno sensibili alle basse temperature rispetto alle leguminose, come veccia e trifoglio incarnato, evidenziando inoltre una maggiore efficienza nel catturare azoto che potrebbe essere rimosso dalle precipitazioni in autunno ed in inverno (Campiglia, 1999).

Quando vengono impiegate specie leguminose, un ulteriore vantaggio, rispetto all'utilizzo delle specie non leguminose, deriva dall'azoto fissato biologicamente grazie alla simbiosi batterio-pianta. Numerose ricerche hanno dimostrato che, attraverso la coltivazione di specie leguminose invernali da sovescio, è possibile soddisfare in toto o in parte i fabbisogni azotati della coltura successiva (Bonari *et-al.*, 1997; Caporali e Campiglia, 1994; Ebelhar *et-al.*, 1984; Hargrove, 1986; Hestermann *et-al.*, 1992). Le quantità di azoto accumulato è strettamente dipendente dalla specie che viene utilizzata, dalla lunghezza della stagione di crescita, dalle condizioni del suolo e dal clima (Heichel, 1987).

**Tabella 4.2** - Valori di biomassa aerea, azoto e lunghezza del periodo di crescita per alcune fra le più comuni specie leguminose coltivate

Specie	Biomassa (t ha <sup>-1</sup> s.s).	Contenuto di azoto (Kg ha <sup>-1</sup> )	Periodo di crescita (mesi)
Trifolium subterraneum L var Daliak	5.6	140	6
Trifolium subterraneum L var . Nuba	6.8	206	6
Trifolium subterraneum L var . Clare	6.3	209	6
Medicago rugosa Desr.	4.5	136	6
Medicago truncatella Gaer. var Sephi	10.6	327	6
Medicago scutellata Mill. var. Kelson.	9.5	282	6
Medicago scutellata Mill.var. Sava.	13.6	376	6
Vicia villosa Roth.	6.6	203	6
Lolium multiflorum L. Lam	5.7	196	6
Vicia sativa L.	5.6	142	6

Dai valori della (**Tabella 4.2**) si evince come per la stessa specie possono trovarsi differenti produzioni in relazione a differenti situazioni sperimentali. La quota di azoto fornita al suolo attraverso l'incorporazione della parte epigea e ipogea della pianta risulta essere immediatamente disponibile per le colture che seguono, ma parte di essa rimane nel suolo sottoforma di azoto organico (Ladd e Amato, 1986).

Pertanto l'azoto contenuto nella biomassa vegetale in seguito all'interramento può essere rilasciato in un intervallo di tempo variabile in quanto tale processo è influenzato da innumerevoli fattori: condizioni climatiche, caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche del terreno. L'utilizzo di leguminose è particolarmente consigliato qualora si debbano soddisfare fabbisogni azotati di colture molto esigenti, con elevati ritmi di crescita (Aulakh *et-al.*, 1991). Di contro l'utilizzo di specie a basso rapporto C/N può essere sfavorevole, qualora il rilascio dell'azoto non corrisponda con il reale fabbisogno della coltura che segue la cover crop; in

questo caso potrebbe verificarsi una perdita di azoto dal sistema suolo-pianta (Huntington *et al.*, 1985; Wagger, 1989).

Le leguminose cover crops vengono analizzate prevalentemente in merito al loro contributo azotato apportato al suolo, talvolta sottovalutando la notevole importanza nel modificare positivamente la dinamica di altri elementi presenti nel terreno. Moser (1942) osserva che qualora si aggiunga al suolo materiale vegetale di leguminose si ha un forte incremento dell'assorbimento del fosforo e del potassio assimilabile, circa il triplo della quantità rispetto alla incorporazione di specie non leguminose. Bottini (1954) ha imputato questo effetto alle capacità che hanno le leguminose di estrarre dallo strato arabile elementi non facilmente accessibili, che si liberano attraverso il sovescio in forme più prontamente assimilabili.

Le piante appartenenti a questa specie con le loro radici riescono ad esplorare gli orizzonti più profondi del suolo riuscendo a trasferire nello strato arabile elementi nutritivi disponibili per le colture in successione. L'incorporazione al suolo della biomassa delle colture di copertura ha inoltre un effetto favorevole sull'incremento del carbonio organico "stabile" nel suolo. Tale effetto è direttamente proporzionale alla quantità di carbonio apportato con il sovescio ed è condizionato dalla natura chimica dei residui vegetali (Campiglia 1999).

#### **4.5 Effetti delle cover crops sulla flora infestante sugli organismi tellurici**

Ogni essere vivente subisce delle influenze nell'ambiente in cui vive attraverso una serie di meccanismi che regolano la vita delle comunità animali e vegetali presenti (Hoffman *et al.*, 1996). L'interazione fra organismi all'interno di un habitat sono condizionate dalla condivisione di spazi e fattori di crescita (acqua, luce, sali minerali) comuni. Sovente in un agro-ecosistema, tra le piante, si generano competizioni intraspecifiche ma soprattutto interspecifiche per la ripartizione della soluzione nutritiva, dell'energia solare e per meccanismi endogeni, produzione di fitoalessine, "biomolecole", di fondamentale importanza per l'affermazione della specie in un determinato habitat.

L'inserimento delle cover crops all'interno di determinate rotazioni colturali influisce positivamente anche sul controllo della flora spontanea; in particolare le colture intercalari che si inseriscono fra due colture principali competono direttamente per lo spazio e i fattori di crescita diminuendo notevolmente il numero di popolazioni spontanee. Un importante ruolo è svolto dalla pacciamatura organica (organic mulch), la quale ostacola l'arrivo dei fotoni sui semi inibendo la germinazione dei semi fotoblastici. L'organic mulch agisce positivamente sul controllo delle infestanti, agendo meccanicamente anche sui semi afotoblastici ostacolandone la fuoriuscita del germinello (per effetto del folto strato di biomassa vegetale) e il successivo sviluppo dei pigmenti fotosintetici. Una delle funzioni delle colture intercalari è quello di



sostituire la flora spontanea con specie coltivate, più semplici da gestire, ma soprattutto più controllabili dal punto di vista agronomico (Hartmann K.M., Nezadal W. 1990). La quantità di biomassa prodotta dalla cover crop è di fondamentale importanza nel controllo della quantità di luce che arriva sui semi. Una quantità di circa 3 t/ha di residui di vecchia villosa o di segale sottoforma di pacciamatura organica riesce a ridurre circa il 50% dell'intensità dei fotoni (Mohler C.L., Tesdale J.R. 1993). La germinazione di alcuni semi (macrotermi) viene negativamente condizionato da un abbassamento termico, nello specifico dall'effetto coibente della biomassa vegetale.

#### **4.6 Cover crops funzionali (*Brassicaceae*)**

La gestione della biomassa vegetale, all'interno degli ordinamenti colturali, negli ultimi anni ha assunto e continua ad avere un ruolo determinante soprattutto in vista delle restrizioni nell'utilizzo di un elevato numero di principi attivi di sintesi dannosi per l'ambiente. Tuttavia i prodotti del processo di degradazione vegetale hanno delle positive ripercussioni dal punto di vista chimico, fisico, microbiologico e "funzionale" nel controllo degli agenti patogeni di origine animali e vegetale. Alle cover crops appartengono anche le "piante biocide da sovescio" (*Brassicaceae*) aventi un importantissimo ruolo nel mantenere un equilibrio ecologico all'interno del sistema suolo, grazie alla sintesi di biomolecole regolatrici le comunità di microrganismi presenti nel suolo.

La pratica della biofumigazione consiste nella disinfezione del suolo agrario, in particolare effettuata in appezzamenti destinati a coltivazione intensiva, tramite il sovescio di determinate piante capaci di produrre sostanze biologicamente attive nei confronti di parassiti animali e vegetali delle colture agrarie. La disinfezione del suolo è una tecnica nota da decenni e impiegata soprattutto per le colture intensive da alto reddito. Fin dagli anni '80 il bromuro di metile è stato, per moltissime aziende orticole e floricole convenzionali, un mezzo di difesa pressoché irrinunciabile. Le conseguenze nefaste di tale impiego, a livello ambientale e sanitario, seppur note da lungo tempo (il bromuro di metile fu inserito nel protocollo di Montreal nel 1987 quale sostanza responsabile della distruzione della fascia dell'ozono) hanno portato alla proibizione del suo impiego soltanto a partire dal gennaio 2005.

Quando viene a mancare la buona pratica agricola che prevede ampie rotazioni e avvicendamenti, la scelta di cultivar e specie idonee per la situazione pedoclimatica, un razionale piano di concimazione e irrigazione, ecc., ecco che popolazioni di agenti patogeni possono avvantaggiarsi di una situazione ad esse favorevoli (presenza abbondante dell'ospite) e causare infezioni e infestazioni virulente e distruttive a carico delle colture agrarie. La pratica della disinfezione del terreno si può quindi a buon conto considerare come un rimedio

tardivo a una gestione colturale scorretta. A causa di molteplici fattori è comunque sempre possibile l'insorgenza di problemi fitosanitari a livello del terreno, nonostante l'attenzione e la cura nella pratica agricola (ad esempio un decorso climatico avverso o un guasto all'impianto di irrigazione, partite di sementi infette, imprevisti vari). Può anche accadere che si verifichino fenomeni di stanchezza del terreno in colture pluriennali o in appezzamenti molto sfruttati. Da qui l'idea di unire alla pratica del sovescio piante naturalmente dotate di sistemi di difesa contro avversità animali e vegetali. Attualmente sul mercato sono disponibili numerose essenze e miscele di biocidi da sovescio. Le principali piante che svolgono quest'azione sono il *Raphanus sativus*, la *Brassica juncea* (L.) Czren e *Brassica napus*, la *Sinapis* spp., la *Phacelia tenacetifolia* Ben. ecc.. La stragrande maggioranza delle piante biocide appartiene alla famiglia delle *Brassicaceae* e sono caratterizzate dall'elevato contenuto a livello cellulare di composti glucosinolati e di un enzima detto tirosinasi. Quando avviene una lesione a livello cellulare i due componenti entrano in contatto; l'enzima aggreisce (idrolizza) i glucosinolati dando origine a isotiocianati che, pur essendo composti di natura molto volatile, disperdendosi nell'ambiente sono in grado di inattivare parassiti vegetali (funghi), batteri, nematodi, artropodi e finanche semi. L'efficacia del sovescio biocida è strettamente legato alla rottura cellulare, è per questo quindi che è altamente raccomandata la trinciatura della massa vegetale prima dell'interramento. L'efficacia del sovescio biocida è anche direttamente proporzionale al contenuto in glucosinolati che è massimo in concomitanza con la fase di fioritura. Il fatto che una molecola sia di origine naturale piuttosto che di sintesi non significa che l'una sia innocua o migliore dell'altra a livello ambientale o sanitario. In effetti è possibile trovare bromuro di metile di origine naturale, prodotto da alghe marine.

La qualità dell'azione biocida di un sovescio è da ricercarsi non tanto nella tossicità intrinseca della molecola liberata, quanto in altri aspetti più generali. In primo luogo le sostanze biocide liberate da una *Brassicaceae* sovesciata sono estremamente volatili e dotate di un'emivita piuttosto breve, ciò si traduce nel fatto che non si verifichino fenomeni di deriva o di bioaccumulo. In secondo luogo l'effetto biocida della pianta non pregiudica in alcun modo l'azione propria del sovescio ovvero quella di proteggere il suolo, con una copertura vegetale tra una coltura principale e la successiva, e quella di apportare sostanza organica. Infine l'azione risulta essere piuttosto immediata, capace di agire sulle popolazioni più consistenti di comunità telluriche senza creare un vuoto biologico. Si ottiene una epurazione a partire dalla quale si ha un ripopolamento più equilibrata da parte degli organismi superstiti. L'azione più armonica è quella che si ottiene attraverso le miscele di essenze, soprattutto in caso di

inerbimenti temporanei o permanenti di colture annuali pluriennali. Non tutte le piante biocide hanno i medesimi effetti, ad esempio il rafano ha un'azione più spiccata nei confronti dei nematodi, la *Brassica napus* è attiva contro nematodi e svariati agenti del marciume del colletto (*Rhizoctonia*, *Phytophthora* sp.p, *Fusarium*, *Sclerotinia*), *Brassica juncea* (L.) Czren è particolarmente attiva contro gli oomiceti e in particolare contro *Phytophthora cactorum*, le specie afferenti al genere *Sinapis* spp. hanno un'elevata azione nematocida che le rende particolarmente efficaci come sovescio per la barbabietola, la *Phacelia tenacetifolia*, principalmente apprezzata come pianta mellifera, ha una discreta azione contro alcuni funghi agenti di tracheomicosi.

Pensare ad un impiego delle piante biocide come un sostituto della disinfezione del terreno è concettualmente, e anche praticamente, errato. In primo luogo l'azione del sovescio non è valutabile in termini di efficacia antiparassitaria come se si trattasse di un trattamento fungicida o insetticida. Ma soprattutto le caratteristiche di tali piante sono da considerarsi utili in un contesto di biocenosi, ovvero all'interno di un programma di operazioni e pianificazione aziendale volta a mantenere e preservare al massimo l'equilibrio ambientale e la fertilità organica del suolo. La pratica agricola è di per se un'alterazione dell'ecosistema, ma è possibile comprendere e integrare all'interno del sistema agricolo le strategie che la natura attua per mantenere un equilibrio dinamico tra le varie comunità di esseri viventi.

## L'agricoltura conservativa

---

### 5.1 Agricoltura Conservativa in Europa e in Italia

L'Agricoltura conservativa è adottata in Europa in misura minore rispetto ad altre aree del mondo. Nonostante ciò le superfici interessate superano i 30 milioni di ettari. In Italia, ad esempio, secondo le stime di ECAF (European Conservation Agriculture Federation), il NoTill è adottato su circa l'1% delle superfici agricole utilizzate. Sembra che la mancanza di conoscenza sull'agricoltura conservativa, unita all'assenza di innovazioni tecniche, rendano difficile e socio-economicamente rischiosa l'adozione di queste tecniche da parte degli agricoltori europei. Come conseguenza di questo, l'aratro e l'aratura rimangono oggi un paradigma ampiamente radicato nella cultura agricola europea, ostacolando la diffusione dei vantaggi ambientali e aziendali connessi all'adozione del NoTill. In alcuni Paesi europei l'adozione di determinate tecniche agricole (cover crop, sovesci, rotazioni) sono state incoraggiate e sostenute dalle autorità pubbliche per mitigare i fenomeni di stanchezza, erosione e di desertificazione del suolo. In altri Paesi, invece, l'adozione di queste pratiche sembrano essere maggiormente guidate dall'iniziativa di singoli agricoltori.

I benefici socio-economici di breve termine, la necessità di incrementare la competitività delle aziende e il costante aumento del costo dei combustibili fossili sembrano essere fattori sufficienti per contribuire ad incoraggiare la lenta adozione di queste pratiche agronomiche in Europa. Esperienze condotte in Italia, inoltre, sembrano mostrare come lo sviluppo e la diffusione di pratiche agricole a basso input energetico possano catalizzare processi di sviluppo rurale sostenibile basati sull'attitudine degli "agricoltori a fare rete e a condividere esperienze e risultati.

L'agricoltura conservativa promuove la produzione agricola ottimizzando l'uso delle risorse e contribuisce a ridurre il degrado del terreno attraverso la gestione integrata del suolo, dell'acqua e delle risorse biologiche esistenti, in associazione con fattori di produzione esterni. Le arature talvolta vengono sostituite da lavorazioni superficiali o non lavorazioni (semine o trapianti su sodo).

Queste pratiche favoriscono il rimescolamento naturale degli strati di suolo ad opera della fauna e flora microbica inoltre, contribuiscono al bilanciamento delle sostanze nutritive presenti nel suolo. L'Agricoltura Conservativa è generalmente attuata attraverso le seguenti fasi, ciascuna delle quali può durare due o più anni. In una prima fase si assiste all'interruzione dell'aratura del terreno e vengono invece attuate tecniche di non lavorazione (semina su sodo) o di lavorazione ridotta (minum tillage) del terreno. Almeno un terzo della superficie del suolo deve rimanere coperto da residui colturali e dopo il raccolto della coltura principale si devono introdurre colture di copertura (intercalari). Il parco macchine viene rivisitato e per le lavorazioni vengono utilizzati erpici a denti rigidi, rotativi o a disco (seminatrici dirette in caso di non lavorazione del terreno). Nei primi anni a causa di un mancato equilibrio può verificarsi una riduzione delle rese unitarie. In una seconda fase si assiste a un miglioramento naturale delle condizioni del suolo e della fertilità grazie alla sostanza organica prodotta dalla decomposizione naturale dei residui colturali. Nella terza fase si reintroducono negli ordinamenti colturali le rotazioni, le quali riescono a stabilizzare ed equilibrare la pedosfera. Nella quarta e ultima fase il sistema di produzione raggiunge un equilibrio ed è possibile registrare un miglioramento delle rese rispetto all'agricoltura tradizionale. Diminuisce così la necessità di utilizzare sostanze chimiche per il controllo delle erbe infestanti, dei parassiti e per la fertilizzazione. Per l'attuazione di questa forma di agricoltura è necessario che gli agricoltori ricevano un'adeguata formazione per ciascuna delle quattro fasi. È possibile acquisire esperienza direttamente in campo, ma nel breve periodo le rese e i profitti possono risultare fuorvianti in quanto inferiori rispetto alle forme convenzionali di agricoltura. Questa forma di agricoltura è limitante nei suoli mal strutturati ed a elevato contenuto di argilla.

Le riserve di carbonio organico, l'attività biologica, la biodiversità aerea e sotterranea e la struttura del suolo, riscontrano tutte un miglioramento. Una maggiore attività biologica porta alla formazione di macrobiopori ben connessi ed essenzialmente verticali, che aumentano la capacità di infiltrazione dell'acqua e la resistenza del suolo alla compattazione. Il degrado del suolo, in particolare, l'erosione e il ruscellamento diminuisce notevolmente, portando spesso ad un incremento delle produzioni dal punto di vista quanti-qualitativo. Una minore perdita di suolo e di nutrienti, unitamente a una più rapida degradazione dei pesticidi e a un maggior adsorbimento (determinato da un aumento del contenuto di sostanza organica e dell'attività biologica) comporta a sua volta un miglioramento della qualità dell'acqua. Le emissioni di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) diminuiscono a seguito del ridotto utilizzo di macchinari e del maggiore accumulo di carbonio organico. Le pratiche di agricoltura conservativa potrebbero

sequestrare tra i 50 e i 100 milioni di tonnellate di carbonio l'anno nei suoli europei, l'equivalente delle emissioni prodotte da 70-130 milioni di automobili. I costi di manodopera ed energia relativi alle operazioni di preparazione e sarchiatura dei terreni diminuiscono notevolmente. Di conseguenza la necessità di utilizzare fertilizzanti e gli interventi per il recupero dei terreni diminuiscono notevolmente.

Quanto sopra esposto, in merito ai vantaggi dell'agricoltura conservativa, bisogna considerare che nelle fasi iniziali e in particolare per i sistemi orticoli, presenta qualche limite applicativo; superabile con la ricerca, la divulgazione e con l'ausilio di campi pilota.

Generalmente occorre un periodo di transizione di 5-7 anni prima che un sistema di agricoltura conservativa raggiunga l'equilibrio. Se non vengono presi in considerazione i fattori stagionali, l'uso inappropriato di sostanze chimiche può aumentare il rischio di lisciviazione dovuto al più rapido movimento dell'acqua attraverso i biopori.

Qualora la scelta delle specie utilizzate nella rotazione, come cover crops e la copertura del suolo non vengano adeguate a livelli ottimali, può essere necessario ricorrere ad una maggiore quantità di sostanze chimiche per controllare le erbe infestanti e i parassiti.

Nel periodo di transizione solitamente si ha un aumento delle emissioni di protossido di azoto ( $N_2O$ ) a causa talvolta di un abuso nell'utilizzo delle leguminose.

Nelle prime fasi di conversione delle aziende, i produttori devono effettuare un investimento iniziale in macchinari specializzati e pianificare oculatamente la scelta di colture intercalari adattate alle condizioni locali. Gli agricoltori inoltre devono ricevere una formazione esaustiva e poter avere accesso a servizi di consulenza agronomica specializzati, in quanto rispetto all'agricoltura tradizionale, è necessario un radicale cambio di impostazione nell'itinerario tecnico e nelle pratiche agronomiche.

In Europa (Finlandia e Grecia), la semina e il trapianto su sodo interessa un decimo della superficie agricola utilizzata (SAU) e il 5 % nella Repubblica Ceca, Slovacchia, Spagna e Regno Unito. La lavorazione ridotta (minum tillage) del terreno viene praticata su quasi la metà della superficie agricola utilizzata in Finlandia e Regno Unito e su un quarto della SAU in Portogallo, Germania e Francia. Nel 2006, nella regione Midi-Pyrénées (Francia), in media tre quarti delle colture invernali e un quarto delle colture primaverili sono state ottenute attraverso la lavorazione ridotta del terreno. Nello stesso anno, le colture intercalari sono state utilizzate su un quinto della superficie destinata alle colture primaverili, pari ad un'area tre volte superiore a quella occupata nel 2001.

La Semina su Sodo (detta anche *Semina Diretta o NoTill*) è una tecnica di coltivazione che

non richiede alcun tipo di lavorazione preliminare del terreno. Si esegue con apposite seminatrici che sono in grado di seminare direttamente su terreni non lavorati occupati in superficie dai residui della coltura precedente o da appropriate colture di copertura (cover crops). Esistono innumerevoli modelli di macchine “da sodo”. Le più diffuse sono dotate di un sistema di dischi che aprono e richiudono nel suolo non lavorato delle sottili fenditure all’interno delle quali vengono posti i

Rispetto alle forme tradizionali di coltivazione, la semina su sodo è una tecnica di coltivazione estremamente conservativa in quanto lascia il terreno indisturbato e contribuisce alla sua naturale strutturazione. La Semina e il trapianto in maniera diretta è più che una tecnica, può essere considerata, infatti, un vero e proprio nuovo sistema di coltivazione in quanto presuppone la messa a punto di nuove strategie di rotazione colturale, di fertilizzazione, di gestione delle erbe infestanti, dei parassiti e della fertilità del suolo. Per molti è una “nuova filosofia agricola”.

La semina diretta, sviluppatasi da diversi decenni in diverse parti del mondo, può essere applicata a diversi tipi di seminativi, invernali e primaverili: dai cereali autunno-vernini a quelli primaverili; dal foraggio ai legumi da orto passando per colza e pomodorini. Oggi la semina diretta è applicata su circa 100 Milioni di ettari, maggiormente in America (Canada, USA, Argentina), in Australia ed Asia. Recentemente inizia a diffondersi anche in Europa, specialmente nelle zone vocate alla cerealicoltura (centro-est Europa), anche se nel vecchio continente il processo di conversione al “sodo” è più lento che in altre parti del mondo. In Italia è praticata ancora a “macchia di leopardo”. Le aree maggiormente interessate sono il Veneto, l’Emilia Romagna, le Marche, la Lombardia. Al sud è diffusa in maniera sporadica anche se negli ultimi anni ha iniziato a radicarsi in Campania, Abruzzo, Molise, Puglia e Sicilia, grazie all’attività divulgativa e sperimentale condotta dalle Università e dai centri di ricerca.

La sostenibilità produttiva è una tappa fondamentale ed imprescindibile del processo di evoluzione dell’agricoltura.

La condizionalità ambientale si propone come punto fermo di tutti i processi produttivi, con un’agricoltura che deve essere, in prospettiva, sempre più rispettosa dell’ambiente e del territorio. Vari fattori, però, ostacolano questo processo di “adeguamento ambientale”. Fra questi, in modo speciale, il fatto che la sostenibilità ambientale dei processi agricoli non coincide spesso con una sostenibilità aziendale, tecnica ed economica. Tutto questo invita a riflettere sull’opportunità di adottare e sviluppare tecniche e processi culturali che siano economici e semplici prima ancora di essere eco-sostenibili.

## **5.2 I vantaggi della Semina e del Trapianto su Sodo**

La Semina e il Trapianto diretto offrono rese paragonabili a quelle dei sistemi tradizionali di coltivazione, ma in più garantiscono una serie di vantaggi.

I vantaggi di questa tecnica sono numerosi, con risvolti positivi su micro e macro scala per l'azienda, per l'ambiente, per il territorio e per la salute del pianeta:

- riduce la “pressione” esercitata dall'agricoltura sul sistema suolo;
- riduce i consumi energetici diretti (carburanti e ammendanti) ed indiretti (consumo delle macchine e degli attrezzi) e, con essi, le emissioni di CO<sub>2</sub> derivanti dalle pratiche agricole;
- favorisce l'accumulo della sostanza organica nei suoli, migliorandone lo stato di fertilità chimico-fisica e limitando i rischi di frane e smottamenti superficiali;
- riduce fino al 90% l'erosione superficiale del suolo (idrica ed eolica), grazie all'effetto pacciamante operato dai residui colturali e dalle colture di copertura;
- consente il ripopolamento della microflora e della microfauna tellurica;
- permette di usare in modo più razionale le risorse idriche, riducendo fino al 70% l'evaporazione del terreno sia perché riduce i consumi energetici (emissioni dirette) sia perché favorisce l'accumulo di carbonio nei suoli (effetto immobilizzazione);
- Permette di gestire in maniera più razionale la fertilità dei suoli ed offre una prospettiva di medio-lungo periodo;
- contribuisce ad alleggerire il “carbon footprint” agricolo, ossia le emissioni totali di anidride carbonica, la possibilità di modulare il ricorso alle concimazioni minerali.

È una tecnica “amica” dei produttori, dato che tutti i vantaggi ambientali si traducono, direttamente ed indirettamente, in vantaggi aziendali:

- riduce fino al 70% i costi di produzione (meno gasolio, minore usura dei mezzi e delle macchine);
- riduce i tempi di coltivazione e gestione aziendale;
- semplifica la gestione e la logistica aziendale, alleggerendo il carico di lavoro dell'agricoltore.

## **5.3 La Semina e il Trapianto su Sodo contro il Cambiamento Climatico**

Studi internazionali di settore mostrano come queste tecniche abbiano la potenzialità di svolgere un

servizio ecosistemico in un'ottica di cambiamento climatico. Essendo delle tecniche a



risparmio energetico, permettono di ridurre i consumi di combustibili fossili e di fertilizzanti, nonché il consumo di macchine ed attrezzi agricoli. In più, abbinata ad una specifica gestione dei residui colturali e degli avvicendamenti, ha la potenzialità di trasformare i terreni agrari in “sink” (assorbitori) di anidride carbonica, con interessanti risvolti in termini di fertilità dei suoli (sostanza organica e humus) e di mitigazione dell’effetto serra. Senza dimenticare che il sistema, migliorando la struttura dei suoli, può svolgere un servizio importante nella prevenzione delle frane in aree acclivi e il contenimento dei fenomeni erosivi (consumo di suolo e dilavamento dei nitrati).

#### **5.4 Effetti dell'aratura e della specializzazione colturale**

L’aratura è l’antica pratica di invertire gli strati del suolo al fine di preparare un letto di semina e di trapianto idoneo all’impianto di una nuova coltura. L’inversione degli strati di terreno e il ribaltamento delle zolle crea, agli equilibri fisici e vitali del terreno, più disturbo e danno di quanto si possa immaginare. L’aratro può essere considerato l’icona dell’agricoltura. Di fatto, però, l’aratro che conosciamo oggi è solo un lontano parente dell’attrezzo che ha storicamente accompagnato la lunga evoluzione dell’agricoltura. Tutto ha inizio circa 10.000 anni fa quando l’uomo utilizza per la prima volta una sorta di “bastone da scavo” per scalfire il suolo e mettere a dimora i semi. Solo duemila anni dopo l’uomo adotta per la prima volta la trazione animale. Nel 3500 a.C. viene introdotto il vomere. Nel 1000 a.C. l’aratro viene dotato di un versoio. Solo nel XIX secolo d.C, però, l’aratura prende la forma e la consistenza che oggi conosciamo. Vengono introdotti i moderni aratri di acciaio e ad essi viene applicata la forza motrice dei moderni motori: la capacità dell’uomo di incidere sul suolo viene enormemente amplificata e, in meno di un secolo di storia, il millenario sodalizio agricoltura-suolo rischia di essere irrimediabilmente compromesso. Molte sono, infatti, le conseguenze negative che l’agricoltura ad alto input energetico può generare sull’agroambiente e in particolare sul suolo. Le lavorazioni meccaniche favoriscono processi degenerativi come l’erosione che, a sua volta, è fra le principali cause dell’impoverimento della biodiversità tellurica. Circa il 40% di tutte le terre arabili e di tutte le terre destinate a colture permanenti è sottoposto a forti processi di degradazione legati all’erosione. Globalmente, ogni anno, un’area di suolo fertile equivalente alla grandezza dell’Ucraina (circa 600.000 km quadrati) viene persa a causa dell’erosione

L’Agricoltura Conservativa è costituita da un insieme di pratiche agricole complementari:

- alterazione minima del suolo (tramite la semina o trapianto su sodo o lavorazione ridotta del terreno) al fine di preservare la struttura, la fauna e la sostanza organica del

suolo;

- copertura permanente del suolo (colture di copertura, residui e coltri protettive) per proteggere il terreno e contribuire all'eliminazione delle erbe infestanti;
- consociazioni e rotazioni colturali diversificate, che favoriscono i microrganismi del suolo e combattono le erbe infestanti, i parassiti e le malattie delle piante.

Obiettivo dell'Agricoltura Conservativa è promuovere la produzione agricola ottimizzando l'uso delle risorse e contribuendo a ridurre il degrado del terreno attraverso la gestione integrata del suolo, dell'acqua e delle risorse biologiche esistenti, in associazione con fattori di produzione esterni. Le arature sono sostituite da lavorazioni superficiali o non lavorazione (trapianto su sodo), che favoriscono il rimescolamento naturale degli strati di suolo ad opera della fauna, delle radici e di altri organismi del suolo, i quali, inoltre, contribuiscono al bilanciamento delle sostanze nutritive presenti nel suolo. La fertilità del terreno (nutrienti e acqua) viene gestita attraverso la copertura del suolo, dalle rotazioni colturali e dalla lotta alle erbe infestanti.

Uno dei principi di base da seguire in orticoltura è quello di non far succedere mai le colture a se stesse. Tale principio, valido anche nella pratica convenzionale, diventa di primaria importanza in agricoltura biologica, in quanto è tra gli strumenti più efficaci di cui si dispone per "equilibrare" l'agro-ecosistema e quindi renderlo il più idoneo possibile ad ospitare le colture.

In particolare, gli obiettivi che ci si propone con le rotazioni sono una diverse e riguardano la conservazione e aumento del livello di fertilità del terreno in *sensu latu*, il controllo preventivo delle malattie e dei fitofagi, la limitazione dello sviluppo di erbe infestanti e il controllo dell'autointossicazione dovuta agli essudati radicali. E' bene specificare che, per raggiungere gli obiettivi su indicati, bisogna rinunciare a priori al concetto sistema orticolo specializzato. Infatti, una corretta rotazione richiede anche l'inserimento di specie che, pur non essendo orticole, consentono di ottenere risultati di miglioramento della fertilità, di controllo preventivo dei parassiti ecc..

Per esempio, l'impianto di una coltura foraggera consente di aumentare la fertilità del terreno e di rinettare il campo dalle infestanti, così come la coltivazione di un cereale può permettere di migliorare la struttura del terreno e di abbattere la presenza di eventuali patogeni specifici di colture orticole.

Programmare quindi la rotazione, significa stabilire la sequenza con la quale le colture si devono susseguire in un appezzamento e il tempo che deve intercorrere tra due ritorni della stessa specie in uno stesso terreno. Una corretta scelta dell'avvicendamento condiziona in

maniera sostanziale gli effetti che tale pratica ottiene. In relazione all'influenza che può avere nei confronti dell'agro-ecosistema, ogni coltura può essere definita:

- sfruttatrice, se lascia il terreno in condizioni peggiori di come lo ha trovato;
- miglioratrice, se lascia il terreno in condizioni migliori di come lo ha trovato;
- preparatrice, se lascia il terreno in buone condizioni di fertilità non tanto per caratteristiche proprie, ma per la tecnica colturale alla quale sono state sottoposte.

Una buona pratica dovrebbe, in linea di massima, prevedere un'alternanza tra le categorie di colture su indicate, in modo tale da recuperare con piante miglioratrici, gli effetti depauperanti delle colture che sfruttano la fertilità del terreno.

In modo più puntuale, in orticoltura si dovrebbe obbedire al principio di alternare le diverse famiglie botaniche al fine di ottenere l'obiettivo produttivo prefissato.

## Alternative alla geodisinfestazione chimica

---

### 6.1 Piante biocide

Il sovescio fresco di piante biocide si avvale di specie, appartenenti alla famiglia delle brassicacee, selezionate per il contenuto quali-quantitativo in glucosinolati nei diversi organi della pianta. In particolare sono disponibili piante selezionate per la produzione di biomassa (che può variare tra 5 e 15 t ha<sup>-1</sup> di sostanza secca) e per il contenuto del glucosinolato sinigrina nella parte aerea. In questo caso, in fase di fioritura, le piante sono trinciate e rapidamente interrate prima dell'impianto dell'orticola in modo da rilasciare nel terreno sostanze bioattive volatili, principalmente allyl-isotiocianato.

Per il contenimento dei nematodi, invece, sono state individuate selezioni con elevate quantità di glucosinolati nelle radici (*Brassica juncea* (L.) Czren in grado di svolgere un'azione di pianta trappola nei confronti di alcuni patogeni del terreno. I nematodi, ad esempio, sono attirati sulla radice dagli abbondanti essudati radicali della pianta biocida, ma nel momento in cui attaccano la radice, provocano la rottura dei tessuti radicali avviando la reazione di idrolisi dei glucosinolati col risultato di interrompere lo sviluppo del nematode e conseguente riduzione del livello di infestazione dei terreni.

Talvolta in orticoltura a causa della difficoltà di far coincidere i vari cicli colturali sarebbe auspicabile l'utilizzo di fieni di brassica aventi azione biocida prodotti anche a livello aziendale su terreni marginali. In particolare, la coltivazione ed il successivo affienamento delle piante biocide può consentire la produzione fino a 10 t ha<sup>-1</sup> di sostanza secca che una volta rotoballata può essere trasportata su terreni orticoli, interrata ed irrigata in modo da attivare il rilascio dei prodotti biocidi. In questo modo, l'agricoltore può integrare al sistema suolo biomolecole attive a ridotto costo economico ed ambientale. Qualora in azienda non vi è la presenza di terreni marginali è possibile acquistare sul mercato, per l'interramento dei formulati secchi, preparati anche sotto forma di pellet a partire da farine vegetali opportunamente disoleate e formulate con procedura brevettata al fine di modularne il rilascio nel tempo dei prodotti di idrolisi dei GL e massimizzare così l'efficacia di contenimento dei patogeni. Questi materiali, a base interamente vegetale, possono essere applicati in sinergia tra

di loro in funzione delle diverse problematiche sito specifiche (fitopatologiche, colturali, organizzative, economiche ecc.). L'obiettivo di integrare residui colturali al suolo, agevolando la biofumigazione, nelle rotazioni orticole, come forma di gestione della fertilità di base; in quanto rinnovabile, biodegradabile, in grado di apportare significative quantità di sostanza organica con un'azione ammendante e biostimolante.

La ricerca italiana ha svolto in questi ultimi anni un ruolo leader nel settore delle cover crops-biocide, anche a livello internazionale, individuando alcuni genotipi particolarmente idonee alla naturale disinfezione e disinfestazione dei suoli agricoli.

Come detto, la tecnica della biofumigazione ha già mostrato risultati comprovati da prove sperimentali alcune anche condivise a livello internazionale, nel contenimento di alcuni patogeni del terreno ed in particolare:

- **Funghi.** I composti di idrolisi di alcuni glucosinolati sono volatili e la loro azione analoga ai comuni fumiganti di sintesi trova un suo campo di applicazione nel contenimento di alcuni funghi quali *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia minor* e *S. sclerotiorum*. Estremamente interessante è la selettività dei composti: i più comuni funghi antagonisti quali il *Trichoderma harzianum* e l'iperparassita *Coniothyrium minitans* hanno mostrato una sensibilità significativamente inferiore rispetto ai funghi patogeni, offrendo interessanti prospettive anche per un uso sinergico delle due tecniche di contenimento a ridotto impatto ambientale, nel miglioramento della fertilità biologica dei terreni;
- **Nematodi.** Numerose ricerche sono state condotte in numerosi ambienti al fine di valutare l'efficacia nematocida dei prodotti di idrolisi dei glucosinolati, quali biosaggi in vitro, studi in ambiente controllato del ciclo dei nematodi endoparassiti nelle radici di piante biocide, fino a sperimentazioni in pieno campo sull'efficacia nematocida dei sovesci e dei pellet biofumiganti;

La coltivazione di selezioni nematocide di piante biocide o il trattamento con farine e/o fieni deve essere effettuata in epoca estiva-autunnale o tardo primaverile, nei momenti cioè di massima virulenza del nematode in modo che i prodotti di degradazione dei GL entrino in contatto con il maggior numero possibile di nematodi. Ottimi risultati sono stati ottenuti con interventi ripetuti negli anni anche nel contenimento di *Meloidogyne incognita*, nematode ubiquitario nei terreni costieri e responsabile di pesanti danni economici su gran parte del settore orticolo.

- **Elateridi.** Le potenzialità delle piante e delle farine biocide nel controllo degli elateridi sono state studiate in laboratorio, in vivo in condizioni controllate semi-

naturali sia infine in pieno campo. Le informazioni ottenute possono essere considerate concordanti ed aprono interessanti prospettive applicative.

I glucosinolati sia come sostanze pure sia come sostanze contenute nei tessuti vegetali attaccati dalle larve non hanno evidenziato alcuna attività insetticida se ingeriti dalle larve, mentre hanno causato mortalità larvali anche prossime al 100% quando mescolati con il terreno sotto forma di formulati secchi o di parti di piante; hanno mostrato una chiara azione biofumigante, anche in una coltura difficile come la patata.

Infine, più recentemente, sono stati messi a punto due formulati liquidi, anche in questo caso a base interamente vegetale e contenenti farine biocide, per il controllo in un caso di alcune fitopatie dell'apparato epigeo e nell'altro per un'applicazione in fertirrigazione. Questi nuovi prodotti, pur con strategie applicative e target ben diversi, possono essere considerati come un'alternativa sostenibile agli oli minerali di prima e seconda generazione nella difesa delle colture agrarie, con risultati estremamente interessanti nel contenimento di alcuni insetti (cocciniglie, ragnetto), funghi (Oidio) e nematodi. Sin dalla fine del secolo a livello internazionale in diversi centri di eccellenza internazionali è stato avviato lo studio del sistema glucosinolati-mirosinasi responsabile delle proprietà biologiche della biofumigazione (Brown e Morra 1997 ; Rosa *et al.*, 1997) ed anche in Italia il CRA-CIN di Bologna ne ha studiato gli aspetti biochimici, isolando i composti in gioco per definire le cinetiche della reazione enzimatica e individuando nell'immensa famiglia botanica delle Brassicaceae le piante e i relativi principi attivi potenzialmente più efficaci (Lazzeri *et al.*, 2004a). La presenza di buone quantità di glucosinolati negli organi vegetativi e nei semi delle *Brassicaceae*, infatti, ha suggerito la possibilità di produrre ed apportare al terreno questi composti, (che altro non sono che i responsabili del tipico aroma pungente delle salse di senape e di mostarda), con diverse modalità pratiche che hanno condotto anche ad un crescente interesse da parte del mondo agroindustriale. La famiglia delle Brassicaceae è caratterizzata dalla presenza sia negli organi vegetativi che in quelli riproduttivi di composti glicosidici, i glucosinolati (GL). Tali composti sono formati da una parte zuccherina, generalmente un glucosio, ed una non zuccherina detta aglicone caratterizzata da un legame  $S-C=N$  e da una catena laterale che differenzia in natura oltre 120 diversi glucosinolati e che può essere di natura alchilica, alifatica, benzilica, idrossilica o tiofunzionalizzata.

I glucosinolati, in presenza dell'enzima endogeno mirosinasi ( $\beta$  tioglucoside glucoidrolasi) ed in ambiente acquoso, vengono rapidamente idrolizzati con produzione di una serie di metaboliti secondari principalmente rappresentati da isotiocianati, ed in misura minore da nitrili, epitionitrili e tiocianati (Fahey *et al.*, 2001). È quindi a tutti gli effetti un sistema

"chimico" che nei diversi organi della pianta ricopre un ruolo di difesa in quanto nella cellula sana enzima e substrato sono compartimentalizzati in zone diverse del citoplasma (il glucosinolato in grossi vacuoli e l'enzima in specifici corpi mirosinici localizzati sulle membrane cellulari) e solo in seguito alla lesione cellulare, causata dall'attacco di un agente patogeno, entrano in contatto causando il rilascio, in situ, dei prodotti di idrolisi enzimatica caratterizzati in alcuni, ma non in tutti i casi, da una chiara azione biotossica (Lazzeri *et al.*, 2004). I prodotti di idrolisi di alcuni glucosinolati, infatti, hanno mostrato un'elevata attività fungitossica nei confronti di alcuni funghi patogeni del terreno responsabili del cosiddetto fenomeno della stanchezza del terreno quali *Pythium* e *Rhizoctonia*, risultati fino a cento volte più sensibili rispetto a ceppi di *Trichoderma*, fungo imperfetto inserito come rappresentativo della micoflora non patogena.

## **6.2 Solarizzazione**

Un altro mezzo fisico di disinfestazione del terreno è la “solarizzazione”. Questa tecnica, a differenza delle altre, è più rispettosa dell’ambiente, presenta indiscutibili vantaggi ed è anche di facile applicazione. Consiste, principalmente, nel sottoporre il terreno all’irraggiamento solare nel periodo più caldo dell’anno. Le alte temperature che si registrano nei primi strati del terreno inducono la morte della carica patogena presente, funghi e nematodi, nonché dei semi di infestanti. La solarizzazione si può effettuare sia in pieno campo che in serra; gli effetti, comunque, sono maggiori in ambiente protetto. La tecnica della solarizzazione si effettua mediante la copertura del terreno con film plastico trasparente. Tale copertura permette il passaggio delle radiazioni solari verso il terreno e ne ostacola la fuoriuscita dal terreno verso l’esterno durante la notte. In ambiente protetto, serra o tunnel, tale effetto è esaltato in quanto, oltre alla copertura del terreno con pacciamatura, vi è la copertura della serra stessa. La temperatura del terreno durante il trattamento dovrebbe raggiungere i 45-50° C per avere una buona efficacia. Ovviamente la solarizzazione si esegue nel periodo più caldo dell’anno, giugno-agosto, per circa 30-40 giorni; più lungo è il periodo di esposizione al sole del terreno maggiore sarà la riduzione della carica patogena dello stesso. Prima di procedere, occorre eliminare i residui di vegetazione della coltura precedente, arare il terreno alla profondità di 30-40 cm, nonché sminuzzarlo e affinarlo bene. Durante le lavorazioni del terreno sarebbe opportuno somministrare e interrare sostanze organiche. La sostanza organica, abbinata alla pratica della solarizzazione, libera per fermentazione composti volatili (ammoniaca, composti solforici, isotiocianati) ed altre sostanze ad azione tossica verso la carica patogena tellurica. Successivamente, occorre predisporre un impianto irriguo a goccia con ali gocciolanti, a distanze variabili secondo la portata degli erogatori stessi.

Subito dopo la sistemazione dell'impianto irriguo bisogna coprire il terreno con film plastico di polietilene oppure LDPE, PVC o EVA. Infine, è necessario irrigare il terreno e portarlo alla capacità di campo. L'acqua data al terreno serve per condurre il calore negli strati più profondi e per far germinare i semi di infestanti e sottoporli, quindi, all'azione abbattente del calore. A fine solarizzazione bisogna evitare rivoltamenti di strati profondi di terreno. Ciò per evitare di portare in superficie strati di terreno probabilmente infetti, non sottoposti all'azione del calore. I vantaggi della solarizzazione rispetto agli altri metodi sono molteplici. Questa tecnica, infatti, distrugge la maggior parte dei funghi patogeni e provoca la devitalizzazione di quei funghi che non vengono sottoposti a temperature elevate e comunque ne impedisce la capacità di provocare infezioni successive. Inoltre, essa salvaguarda la flora microbica, antagonista di quella patogena, in quanto termotollerante, ed esplica un'azione di contenimento nei confronti di diversi nematodi soprattutto galligeni. Infine, con questa tecnica si ha il controllo di un gran numero di specie infestanti, tranne alcune i cui semi sono protetti da rivestimenti spessi, o per la profondità a cui sono posizionati nel terreno. La tecnica della solarizzazione, sebbene nota a molti agricoltori, spesso non è stata presa in seria considerazione perché in passato si è fatto largo uso del bromuro di metile.

### **6.3 Il sistema bioflash**

Questo sistema rappresenta una valida ed ecocompatibile soluzione per la disinfezione e disinfestazione del terreno e viene attuato mediante l'adozione di macchine semoventi o trainate capaci di realizzare un trattamento con vapore, ottimizzandone l'efficienza e riducendone i consumi energetici ed i costi.

Il principale aspetto innovativo del sistema bioflash riguarda la distribuzione e l'incorporazione nel terreno di sostanze, dotate di ridotto impatto ambientale e compatibili con le coltivazioni successive, in grado di reagire esotermicamente con il vapore (es. KOH e CaO) rilasciando una quantità addizionale di energia termica.

La reazione esotermica ha diversi effetti positivi nel rendere efficace il trattamento in quanto consente di raggiungere temperature più elevate rispetto all'impiego del solo vapore, prolunga la durata del riscaldamento ed ha un effetto diretto su parassiti e semi di specie infestanti. Le sostanze da impiegare sono scelte sulla base del loro basso impatto ambientale e previa valutazione dei vantaggi conseguenti alla loro incorporazione nel terreno. Questo metodo consente di combinare in un unico passaggio l'immissione del vapore e la distribuzione delle sostanze a reazione esotermica e permette di effettuare il trapianto o la semina immediatamente dopo il trattamento. Attualmente il sistema risulta essere applicabile in modo corretto ed efficiente utilizzando le versioni ottimizzate delle macchine per la



disinfezione/disinfestazione del suolo che sono in grado di provvedere: alla distribuzione ed all'incorporazione di differenti quantità di sostanze a reazione esotermica ed all'immissione del vapore alla profondità voluta nel terreno che in seguito viene aiuolato e pacciamato.

Le metodiche di applicazione del sistema bioflash si sono molto evolute nel tempo. L'ultima ed innovativa versione del sistema per realizzare il trattamento, attualmente adottata sulle macchine operatrici trainate e semoventi, prevede la presenza di uno o più serbatoi per l'acqua, di una caldaia, di una tramoggia contenente le sostanze a reazione esotermica (dotata di appropriato sistema di distribuzione), di una zappatrice rotativa (operante con regime rotazionale compreso tra un minimo di 25-30 giri min<sup>-1</sup> ed un massimo di 80-90 giri min<sup>-1</sup>) azionata da un motore idraulico, di diverse tipologie di barre per l'iniezione del vapore, dotate di ugelli del diametro minimo di 1,5 mm e di una aiuolatrice-pacciamatrice. Relativamente alla distribuzione del vapore, nell'ultimo quadriennio sono state realizzate, testate e messe a punto soluzioni innovative basate sull'impiego di barre di diversa conformazione sulle quali è possibile disporre un numero variabile di ugelli filettati. L'impiego di questi ultimi, in particolare, rende l'efflusso del vapore molto più efficiente, affidabile ed "adattabile" a diverse tipologie e condizioni del terreno. La conformazione e la disposizione delle barre consentono altresì di ottenere un riscaldamento diversificato del terreno trattato. In estrema sintesi, la trasmissione di calore al terreno risulta concentrata nello strato compreso tra 15 e 20 cm di profondità con la "convenzionale" barra singola, ancora più profonda (nel profilo compreso tra 25 ed oltre 35 cm di profondità) con la barra "doppia", limitata alla sola porzione superficiale (5-7 cm) del suolo con la barra che inietta il vapore all'interno del carter della zappatrice rotativa ed infine più "diluata" in tutto lo strato trattato quando si realizza la così detta distribuzione "mista", utilizzando contemporaneamente la barra singola e quella posizionata nel carter. Relativamente alla valutazione dell'efficacia fitoiatrica su patogeni fungini e su virus, il sistema bioflash permette di ottenere ottimi risultati su diverse combinazioni ospite patogeno in condizioni di inoculazione artificiale del terreno (*basilico/Fusarium oxysporum f.sp. basilici*; *pomodoro/Sclerotium rolfsii*; e *F. oxysporum f.sp. lycopersici*, *rucola e ravanella/Rhizoctonia solani*, *lattuga/ Sclerotinia minor e Sclerotinia sclerotiorum*), e di controllare significativamente sia il *virus del mosaico del tabacco* (TMV) che gli sclerozi di *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotinia minor* e *Sclerotium rolfsii*.

Per quanto riguarda la valutazione dell'effetto fitoiatrico su nematodi, prove condotte su specie galligene e cisticole, appartenenti rispettivamente al genere *Meloidogyne* e *Globodera*, hanno mostrato un'ottima efficacia del sistema. Prove specifiche sull'efficacia erbicida degli interventi di disinfezione innovativa del terreno (intesa come capacità di devitalizzare i semi

di infestanti presenti nel suolo) è stata effettuata testando diversi sistemi di iniezione del vapore, erogato da solo oppure in associazione con CaO e KOH. Ottimi risultati sono stati ottenuti sia su infestazione artificiale di *Brassica juncea* (L.) Czren che sulla banca seme naturale. I risultati ottenuti hanno mostrato come i sistemi di iniezione del vapore combinati con l'impiego di quantità diverse delle due sostanze a reazione esotermica determinino un'azione erbicida molto diversificata che lascia intravedere una grande versatilità nella possibilità di impiego del sistema testato. In particolare, l'iniezione superficiale causa quasi sempre un controllo pressoché totale della flora reale, mentre il sistema misto sembra invece connesso con il miglior controllo in assoluto della *seed-bank*, cui si associa anche un'azione erbicida apprezzabile sulla flora emersa, in caso di impiego di dosaggi elevati di CaO e di KOH. Valutando l'influenza del sistema bioflash sulla qualità e sulla resa di alcuni tra i più comuni ortaggi coltivati in ambiente protetto ed in piena aria, quali *fragola*, *lattuga*, *ravanello*, *rucola*, ecc, il trattamento ha spesso permesso di ottenere rese significativamente più elevate ed una qualità superiore (ad esempio un maggior contenuto in sostanza secca ed una percentuale inferiore di nitrati) rispetto al testimone non trattato oppure alle tesi in cui era stato applicato un fumigante chimico. Nello stesso tempo è stato possibile verificare come le proprietà chimiche e biologiche del terreno trattato non subiscano alterazioni negative (sia temporanee che permanenti), ma vadano altresì soggette ad un eventuale miglioramento (dovuto alla sopravvivenza di microrganismi antagonisti nei confronti dei patogeni). Per quanto riguarda infine la valutazione delle prestazioni operative, nonostante il fatto che le macchine siano state sempre contraddistinte da tempi di lavoro e da consumi di combustibile molto elevati, il costo di esercizio del nuovo sistema di disinfezione è apparso sempre accettabile e decisamente più contenuto di quello relativo alla convenzionale applicazione dei fumiganti. Il sistema bioflash appare economicamente sostenibile ed in grado di fornire risultati fitoiatrici più che sufficienti a garantire la difesa e quindi la buona riuscita della colture orto-floricole dal punto di vista sia quantitativo che qualitativo.

#### **6.4 Innesto erbaceo**

Se fino a pochi anni fa l'unico obiettivo dell'orticoltura era quello di massimizzare quanto più possibile la produzione, oggi essa deve rispondere alle nuove esigenze del consumatore. Queste esigenze fanno riferimento a prodotti dalle notevoli caratteristiche qualitative, in particolar modo igienico-sanitarie, ma anche a processi produttivi sempre più rispettosi dell'ambiente e delle risorse naturali.

In orticoltura l'adozione di tecniche fortemente intensive ha causato, col tempo, una lenta ma continua perdita di fertilità dei suoli, nonché l'insorgenza di diffusi e numerosi problemi

fitosanitari portando al largo impiego di agrofarmaci. E' necessario, quindi, imporre cambiamenti importanti nel comparto orticolo (Colla *et al.*, 2010).

La messa al bando del bromuro di metile ha aperto il problema di come gestire il terreno, giunto nel frattempo a condizioni di profondo degrado. Mancando un presidio chimico come il bromuro di metile, caratterizzato da una così potente e vasta azione biocida, è stato necessario prendere in considerazione tutti i possibili strumenti che potevano, in qualche modo, rappresentare delle valide soluzioni tecniche alternative (Morra, 1998).

Una valida alternativa è rappresentata dall'innesto attraverso il quale il portainnesto ha la capacità di conferire alle piante specifiche resistenze e tolleranze a diversi parassiti e patogeni, ma anche a stress di tipo abiotico.

Tecnica agronomica largamente adottata in arboricoltura, l'innesto, nell'ultimo cinquantennio, si è largamente diffuso anche nel settore orticolo di pien'aria e delle colture protette. L'assenza di una pianificazione aziendale che preveda dei piani di rotazioni (annuali e intrannuali), utilizzo di specie della stessa famiglia botanica sullo stesso terreno per più anni, la cattiva gestione dei residui colturali e l'impossibilità dell'introduzione di cover crops a causa della brevità dei cicli colturali, giustifica il ricorso e l'utilizzo delle piantine innestate.

Al 1920 si fanno risalire le prime applicazioni della tecnica dell'innesto in ambito orticolo quando, in Corea e Giappone, vennero utilizzati come portainnesti piante di zucche sulle quali vennero innestate piante di anguria.

La tecnica dell'innesto si è diffusa nel bacino mediterraneo solamente a partire dal 1990 ed è stata applicata in Spagna e in Italia (Leonardi e Romano, 2004); oggi è diffusa largamente nei Paesi dell'ambiente mediterraneo, ma anche nel Medio Oriente e nel Nord Europa.

Nel nostro Paese si è assistito ad un notevole incremento nella produzione di piantine innestate; erano poco più di 7 milioni nel 1998, dopo un decennio sono arrivate a oltre 47 milioni (2008) (Morra e Bigotto, 2009).

Sono soprattutto le isole, in particolar modo la Sicilia, le maggiori produttrici di piante innestate, con circa 34 milioni di pezzi, seguite dal Centro Italia con oltre 9 milioni, poi dal Sud con 2,8 milioni e infine il Nord con appena 416 mila piantine innestate.

E' necessario dire che tale tecnica interessa solamente alcune specie orticole, essenzialmente Cucurbitacee e Solanacee; nello specifico le culture interessate dall'innesto sono: il pomodoro (31,9%), la melanzana (23,5%), l'anguria (22,6%), il melone (17,5%), il peperone (2,7%) e il cetriolo (1,8%) (Morra e Bigotto, 2009).

Le specie orticole attraverso questa tecnica hanno la possibilità di controllare molto più efficacemente sia patogeni che parassiti tellurici per mezzo di portainnesti riconosciuti come

resistenti o tolleranti; per tale motivo, in alcuni casi, è stato possibile arrivare all'eliminazione dei trattamenti geodisinfestanti e ottenere, quindi, produzioni più salutari e nel totale rispetto dell'ambiente. Nell'orticoltura specializzata i portinnesti vengono classificati in base alla capacità di tollerare o resistere alle avversità di natura biotica e abiotica. Le tipologie di ipobionti presenti sono ad alta resistenza (HR) e a resistenza intermedia (IR) in relazione alla sopravvivenza in seguito all'inoculazione con parassiti di natura vegetale o animale. I portinnesti tipo pomodoro sono resistenti a varie razze di fusariosi, verticilliosi e nematodi; mentre innestando su zucca si conferisce all'epibionte una resistenza verso alcune tracheofusariosi.

L'innesto permette di superare alcuni dei limiti del miglioramento genetico, il quale, come sappiamo, ha bisogno di lunghi tempi per inserire le resistenze negli ibridi commerciali; in diversi casi alcune resistenze non sarebbero nemmeno utilizzabili nei programmi di miglioramento genetico convenzionale per via delle barriere di incompatibilità con la specie coltivata, e nemmeno nei programmi di ibridazione somatica a causa della difficoltà a rigenerare da protoplasmi.

Per quanto sopra, la richiesta di piante innestate è aumentata in maniera esponenziale negli ultimi anni. L'aumentata richiesta ha anche consentito alle aziende sementiere, produttrici dei semi dei portinnesti e delle marze, di specializzare la ricerca genetica, focalizzando sui primi le resistenze e sulle varietà di marze le caratteristiche organolettiche, il contenuto in nutrienti e le caratteristiche biometriche dei frutti. Occorre notare che l'interesse verso questo tipo di produzione è aumentato sia per la resistenza alle malattie di origine tellurica, che per la spinta vegetativa conferita dal portinnesto. Tale spinta vegetativa consente di abbattere l'investimento di piante per unità di superficie e di coltivare, ad esempio, il pomodoro innestato per cicli lunghi, con un ottimo rapporto costi/benefici, inoltre le rese riferite all'ettaro con l'utilizzo di piante innestate, sono spesso superiori rispetto alle produzioni ottenute con piante franco piede.

L'utilizzo di piantine bimembri ha infatti positive ripercussioni in campo, in quanto si riesce ad allungare la durata del ciclo colturale e di conseguenza si ha una maggiore resa e un risparmio, anche notevole, per effettuare una nuova coltura. Inoltre, in riferimento alla specie utilizzata e grazie al vigore conferito dal portainnesto, utilizzando piantine innestate è possibile ridurre il numero di piante per ettaro, con evidenti risparmi per la riduzione della spesa per l'acquisto di piante, fitofarmaci, ecc.

Inoltre, applicando l'innesto su portainnesti tolleranti e resistenti ai patogeni tellurici è possibile coltivare materiale genetico di pregio anche se suscettibile, come gli ecotipi locali

(Colla et al., 2010).

Al momento attuale le piante bimembri vengono utilizzate in terreni “stanchi” completamente infetti dai più comuni patogeni.

Per quanto sopra, l'inserimento in coltura di un apparato radicale diverso di quello della specie coltivata, rappresenta una sorta di ampliamento della rotazione.

Nondimeno l'utilizzo dello stesso portinnesto per più anni è da escludere, poiché verrebbero vanificati gli effetti dello stesso, andando incontro a problemi di autointolleranza.

Altri vantaggi portati dall'applicazione di tale tecnica sono legati alla possibilità di tollerare meglio alcune avversità abiotiche quali l'alcalinità (Colla et al., 2010), basse e alte temperature (Rivero et al., 2003; Venema et al., 2008), la salinità e l'ipossia (Romero et al., 1997; Yetisir et al., 2006; Martinez-Rodriguez et al., 2008), la presenza di elevati livelli di metalli pesanti e di micronutrienti nella zona radicale (Edelstein et al., 2005; Arao et al., 2008; Rouphael et al., 2008). Numerose ricerche hanno infatti dimostrato che le piante bimembri, manifestano delle buone capacità produttive in ambienti aridi e semiaridi. In ambienti dove il fattore limitante è l'acqua, questa tipologia di piante riesce a utilizzare acque con elevata conducibilità elettrica, ricche di boro e acque provenienti dai depuratori, permettendo di sfruttare al massimo il potenziale di un determinato ambiente. Fernandez-Garcia et al hanno notato che in piante innestate di pomodoro, l'assorbimento degli ioni  $\text{Cl}^-$  e  $\text{Na}^+$  è significativamente inferiore nelle piante bimembri rispetto alle piante innestate. Inoltre le piante innestate hanno una tolleranza maggiore alla salinità, Romero et al..

In altre ricerche è stato notato come il portainnesto determini un cospicuo incremento della produttività del nesto, anche senza la presenza di stress biotici e abiotici, per l'effetto positivo che hanno i portainnesti sul numero di frutti e/o del loro peso medio (Colla et al., 2006). Questo effetto sembra dovuto ad una più elevata capacità di assorbimento di nutrienti e di acqua (Ruiz et al., 1997; Rouphael et al., 2008) ma anche di sintesi e traslocazione di ormoni endogeni (Proebsting et al., 1992).

Anche questa tecnica, però, non è immune dal presentare una serie di punti critici.

Uno di questi è il maggior costo delle piantine innestate che varia in relazione alla provenienza genetica del portainnesto (ecotipi selvatici o ibridi). Il costo dei portainnesti ibridi, talvolta ottenuti a partire dagli stessi ecotipi selvatici, ha un costo maggiore, in quanto vi è una maggiore mole di lavoro (scientifico e pratico svolto). Applicando diversi accorgimenti è possibile ridurre o ammortizzare i costi iniziali in breve tempo; si può ottenere ciò riducendo l'investimento unitario (caso applicabile alla melanzana, all'anguria e al pomodoro), prolungando il ciclo colturale in modo da risparmiare nei successivi investimenti (e questo è il

caso della melanzana), oppure aumentando le rese in modo tale da recuperare le spese iniziali (è il caso dell'anguria e della melanzana).

Tra i punti critici, bisogna tenere in considerazione che utilizzando piante innestate bisogna andare ad applicare determinate tecniche colturali; nesto e portainnesto, infatti, quando innestati vanno a formare un individuo nuovo che presenta equilibri fisiologici e bisogni diversi rispetto a quelli dei due organi di partenza. Sarà quindi necessario prestare un'attenzione particolare alle concimazioni e all'irrigazione (Morra, 1998).

Altro punto critico è rappresentato dalla possibilità che l'applicazione della tecnica d'innesto possa, in qualche modo, alterare la qualità del prodotto finale (Lee e Oda, 2003). Ad esempio un incremento notevole della produzione per via del portainnesto può causare incrementi nel rapporto sink/source nella pianta, facendo diminuire, così, il tenore zuccherino del frutto.

Ogni coltura ortiva ha a disposizione una serie di portainnesti che differiscono per caratteristiche ben specifiche (Morra e Billotto, 2009).

Per il pomodoro i portainnesti utilizzati sono in genere ibridi interspecifici di pomodoro con il *L. hirsutum*, specie "selvatica" che conferisce, oltre alle resistenze, alcune peculiari caratteristiche di portamento alla nuova pianta.

Le cucurbitacee sono in gran parte innestate su zucche: ibridi interspecifici di *Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*.

Per la melanzana vengono usati essenzialmente le selezioni 'SaluTamu', 'Espina', e Stt3' del portainnesto *Solanum torvum*, tassonomicamente vicino alla melanzana, oppure portainnesti di pomodoro. E' da specificare che le selezioni del *Solanum torvum* rappresentano il 94% del totale, mentre i portainnesti di pomodoro vengono usati preferibilmente per uso hobbistico.

Le tecniche utilizzate per unire i due bionti si sono molto evolute negli ultimi anni, passando da sistemi che prevedevano la coltivazione contemporanea di portainnesto e marza con il taglio delle radici di quest'ultima dopo l'avvenuto attecchimento, ai più moderni sistemi che prevedono l'utilizzo di mollette monouso in varie miscele di plastiche o di silicone.

Nella preparazione delle piante innestate è necessario fare due semine, una per il nesto e l'altra per il portainnesto. Per quanto riguarda la prima, essa viene fatta in seminiere in serra riscaldata al fine di ottenere piantine sane e vigorose; a seconda del portainnesto utilizzato la semina dovrà essere anticipata o posticipata. Considerato che la maggior parte delle specie interessate all'innesto sono delle macroterme è molto importante che durante la germinazione la temperatura si mantenga costante e mai inferiore ai 25-27 °C.

Nel caso della semina del portainnesto è necessario stabilire il periodo adatto in modo tale da evitare che vi sia una differenza notevole di calibro tra il fusto del nesto e del portainnesto.

Una volta che entrambi i membri hanno raggiunto la fase di 3-4 foglie vere è possibile effettuare l'innesto. Oggi le tecniche applicabili sono diverse, ma la più efficace e veloce è rappresentata dall'innesto a spacco di testa.

La prima cosa da fare è praticare un taglio longitudinale sul fusto del portainnesto, circa 2-2.5 cm sopra le foglie cotiledonari, di circa 2 cm con l'accortezza di rimanere centrali e ortogonali alle foglie cotiledonari; per evitare possibili trasmissioni di malattie è molto importante che il bisturi impiegato per il taglio venga disinfettato con notevole frequenza.

Bisognerà poi tagliare il fusto del nesto a "V", o a becco d'oca oppure a becco di flauto per la lunghezza di 2-3 cm, a seconda dello spacco del portainnesto, ed infine introdurre il nesto nello spacco del portainnesto e bloccarli per mezzo di mollette.

Ottenuta la piantina sarà necessario garantire particolari condizioni di temperatura e di umidità, per determinati periodi di tempo, in modo tale da assicurare l'attecchimento della stessa. La temperatura diurna dovrà essere di 25-28 °C, quella notturna non dovrà scendere al di sotto dei 18-20 °C; l'umidità dovrà essere prossima alla saturazione (95%) e, comunque mai al di sotto dell'85% fino a quando i due membri non siano saldati tra loro. Una volta avvenuto l'attecchimento e stabilita la circolazione della linfa tra nesto e portainnesto, la piantina entrerà nella fase di ambientamento durante la quale sia la temperatura che l'umidità cominciano ad abbassarsi, e in circa 8-10 giorni la pianta raggiungerà lo standard di sviluppo. Dopo 30-35 giorni dall'innesto la pianta sarà pronta per essere trapiantata.

Al trapianto è fondamentale, per non rendere vano tutto il lavoro effettuato, essere particolarmente attenti che il nesto non si affranchi (fenomeno favorito o da un punto di innesto eccessivamente basso o dall'interramento stesso del punto di innesto), se ciò dovesse avvenire le radici del nesto entrerebbero in contatto col terreno infetto; bisognerebbe anche utilizzare acqua priva di spore fungine al fine di evitare possibili infezioni ed infine sostenere la pianta, per mezzo di tutori, in modo tale che questa sotto il peso dei frutti non si spezzi proprio nel punto d'innesto (Trentini e Montanari, 1996).

Le operazioni d'innesto richiedono un'elevata mole di lavoro e la presenza di un personale altamente specializzato tutto questo si ripercuote sul costo finale delle piantine. La scelta del metodo d'innesto è condizionato dalla specie da innestare. Poiché la richiesta di piantine innestate è elevata, alcuni vivaisti americani si stanno orientando verso la semiautomazione e/o l'automatizzazione completa dell'innesto erbaceo. La particolare esigenza dell'ausilio della meccanizzazione nasce sia per la crescente domanda di piante bimembri concentrata in determinate stagioni dell'anno.

Il primo modello di robot per l'innesto erbaceo (GR800 series, Iseki & Co. Ltd., Matsuyama, Japan), è stato realizzato in Giappone e immesso sul mercato nel 1993. Il primo modello era specializzato per l'innesto sulle cucurbitacee, successivamente in seguito a degli aggiustamenti si poté utilizzare anche per le solanacee. I robot semi-automatici per l'innesto erbaceo sono disponibili in Asia, Europa e di recente sono arrivati anche in America. I modelli semi-automatici generalmente innestano 600-800 piantine all'ora (velocità equivalente al lavoro di 5-6 operai specializzati sulle cucurbitacee; e 2-3 operai specializzati sulle solanacee), con la richiesta di due operai, di cui uno addetto al controllo della qualità dell'innesto. In seguito al successo dei modelli semi-automatici in Giappone hanno messo a punto dei modelli completamente automatici in grado di ultimare l'innesto senza l'ausilio dell'operaio. Quest'ultima tipologia è stata realizzata in Giappone per l'innesto delle cucurbitacee. La capacità di lavoro del modello completamente automatico (un solo operaio per il controllo della qualità dell'innesto) è di 750 innesti all'ora, con una media di attecchimento del 90%.

In Olanda l'attenzione per quanto riguarda la meccanizzazione dell'innesto è stata concentrata verso la famiglia delle solanacee; infatti è stato realizzato un robot completamente automatico in grado di innestare 1000 piante di pomodoro e melanzana all'ora con la presenza di un solo addetto al controllo della qualità del prodotto finito.



## Attività di ricerca svolta nel triennio

---

### 7.1 Attività di ricerca

Le ricerche svolte durante il triennio di Dottorato di Ricerca ricadono all'interno delle seguenti tematiche:

- **Sistemi conservativi in agro-ecosistemi intensivi**
- **Innesto erbaceo in orticoltura**

Le tematiche di cui sopra, apparentemente distanti tra loro, sono quando mai vicine in quando si prefiggono obiettivi analoghi, peraltro di notevole attualità, per le possibili ricadute sulla gestione dei sistemi colturali orticoli, sull'ambiente e non ultimo sulla salute dei consumatori.

La ricerca sui “Sistemi conservativi (cover crops) in agro-ecosistemi intensivi” ha avuto l'obiettivo di valutare, nel breve e medio periodo, gli effetti di colture intercalari (*Brassica juncea* e miscuglio favino vecchia) sugli aspetti produttivi e qualitativi della colturali melone invernale e del cavolfiore inseriti in stretta successione e sulle caratteristiche chimico-fisiche del terreno.

Le prove su “Innesto erbaceo in orticoltura” ha riguardato la coltura dell'anguria a frutto piccolo, coltivata in pien'aria, e della melanzana in ambiente protetto. Per entrambe le specie lo scopo della ricerca è stato quello di valutare gli aspetti produttivi, qualitativi ed organolettici.

## Sistemi conservativi in orticoltura di pien'aria

---

### 8.1 Scopo della ricerca

L'orticoltura intensiva, che si è sviluppata nella seconda metà del secolo scorso nei paesi occidentali, ha ottenuto grandi risultati provvedendo al bisogno di cibo di molti popoli. Questo successo è stato conseguito grazie all'uso di ingenti quantità di pesticidi e fertilizzanti chimici di sintesi, all'adozione di specie selezionate, di ibridi F1 e di mezzi tecnici in quantità sempre crescenti. L'agricoltura ha pertanto rappresentato, negli ultimi cinquant'anni, una delle attività umane a più alto impatto ambientale, esercitando un'azione diretta anche nei confronti del riscaldamento globale del pianeta e del cambiamento climatico.

È noto che il tasso di applicazione dei pesticidi, dei fertilizzanti azotati, dei materiali plastici, ecc è cresciuto notevolmente. Questi alti input dovuti alle attività agricole influenzano tutti gli ecosistemi. Circa il 50% (e talvolta fino al 75%) del fertilizzante azotato è dilavato ed entra negli ecosistemi non agricoli.

In questi ultimi anni ha assunto un ruolo fondamentale la riflessione sul modo in cui l'attività agricola è stata finora condotta, per poter studiare e proporre nuovi sistemi più sostenibili, mirati a ridurre i danni ambientali, che vanno dalla contaminazione delle acque all'erosione e perdita di fertilità dei suoli, all'eutrofizzazione di fiumi, laghi e mari.

L'orticoltura, nei paesi più sviluppati e grandi consumatori di ortaggi, è tra i settori agricoli a maggiore impatto ambientale, continuamente sotto osservazione da parte di consumatori sempre più sensibili al legame alimentazione-salute e sempre più informati sulla connessione tra pratiche agricole e fenomeni responsabili del riscaldamento globale del pianeta e del cambiamento climatico, come il buco dell'ozono o l'effetto serra.

Un modello di orticoltura tra i più intensivi è quello serricolo. Le coltivazioni in ambiente protetto differiscono da quelle in pien'aria per un aspetto fondamentale: nelle prime, infatti, è l'ambiente che viene adattato alle esigenze specifiche della pianta, nelle seconde, invece, è la pianta che viene scelta, migliorata e coltivata in funzione della sua capacità di adattamento ad un determinato ambiente. In questo senso, il processo di produzione in ambiente protetto si

discosta da quello di pieno campo, fino a diventare vero e proprio sistema industriale ad altissimo uso di tecnologie impiegate.

La tendenza alla massimizzazione della produzione, sia in pien'aria che in ambiente protetto, comporta incremento del consumo di energia termica e chimica, aumento dei cicli produttivi, instabilità del sistema biologico, aggravamento dei problemi fitosanitari, aumento dei residui tossici.

A questo scopo è necessario riflettere proprio sui principali caratteri distintivi dell'orticoltura intensiva e sulla relativa dipendenza da pesticidi e fertilizzanti chimici.

Le difficoltà che si incontrano nell'orticoltura di pieno campo si moltiplicano in ambiente protetto proprio perché aumenta la complessità del sistema agricolo, non solo per le interazioni che si creano tra i diversi fattori del processo produttivo, ma anche per la svariatissima tipologia strutturale e climatica che esso presenta.. Per colmare queste lacune è necessario mettere a punto protocolli validi per l'ottenimento sia in pien'aria che in serra di frutti ottenuti con sistemi colturali a basso impatto ambientale

Occorre tenere in considerazione la complessità degli agroecosistemi e orientarsi sull'agricoltura organica, le rotazioni colturali, l'avvicendamento delle colture, la gestione del suolo, i processi ecologici del suolo, il funzionamento degli ecosistemi e l'ecologia microbica. Infatti, la vera sfida che ha di fronte l'orticoltura del terzo millennio può essere vinta realizzando sistemi agrari e utilizzando tecnologie ad alta intensità di conoscenza.

Si tratta di percorsi produttivi che, associati alle pratiche comunemente indicate dall'ortodossia agronomica (rotazioni e avvicendamenti), permettono un uso del suolo più adeguato che nel tempo possono migliorare la fertilità agronomica e la capacità di ritenzione idrica.

Si tratta anche di individuare genotipi capaci di produrre con modesti input. A questo proposito, il nostro Paese vanta una ricchezza incredibile di ecotipi vegetali che sono coltivati in nicchie di limitata superficie e commercializzati sui mercati regionali e che talvolta hanno raggiunto un'importanza economica notevole divenendo la materia prima di prodotti industriali molto specifici come nel caso del pomodoro.

Si tratta di ritornare a considerare le scelte varietali dei nostri antenati per i quali contavano la resistenza a malattie, la rusticità, l'adattabilità ad ambienti avversi.

Si tratta di adottare strategie di controllo fisico come per esempio prevenire le infestazioni, provvedere all'isolamento delle colture con reti «ad hoc», arieggiare o riscaldare l'ambiente in certi momenti del processo colturale per evitare le proliferazioni di funghi patogeni, strategie di controllo biologico mediante la liberazione di organismi utili (batteri e funghi o zoofagi)

per il controllo di diversi fitofagi, la preimmunità basata sull'impiego di patogeni a virulenza attenuata, la coltivazione di piante geneticamente resistenti, ed infine strategie di controllo basato sull'impiego di sostanze ad elevata selettività ecologica.

Tra le problematiche di recente attualità merita di essere annoverata quella attinente la stanchezza del terreno. In orticoltura le esigenze economiche e la specializzazione colturale impediscono alle aziende di effettuare i classici avvicendamenti determinando un accumulo di patogeni terricoli che impedisce una regolare crescita delle piante. La successione monocolturale, l'adozione delle stesse cultivar, i cicli colturali ininterrotti, la mancata eliminazione dei residui colturali, ecc determinano un sensibile incremento della carica d'inoculo dei patogeni tellurici responsabili di importanti decrementi produttivi e peggioramenti qualitativi.

I fenomeni di "stanchezza del terreno" sono stati, nel recente passato, superati ricorrendo alla geodisinfestazione con il bromuro di metile, che ha destato sempre molte perplessità per motivi di ordine tossicologico, igienico-sanitario ed ambientale.

Appare indispensabile ricercare sistemi alternativi al bromuro di metile che abbiano validità economica e che si presentino di facile applicazione. L'impiego di formulati chimici quali il DD soil, D – trapex, il Dazomet, il Vapam, etc. risultano inquinanti quanto e forse più dello stesso bromuro di metile. Occorre pertanto, per un verso ridurre le dosi di impiego di questi prodotti e per l'altro verso ricercare altre soluzioni.

Anche gli interventi che si riferiscono ai parassiti del suolo, di tipo fisico, come la solarizzazione nel periodo estivo, meglio se condotta con "plastiche" biodegradabili a base di miscele polimeriche di amido, la biofumigazione con piante biocide in grado di liberare glucosinolati, la sterilizzazione del suolo mediante vapore in sostituzione dei geodisinfestanti chimici, l'innesto su genotipi resistenti e/o tolleranti, l'inserimento di colture intercalari (cover crops), di cultivar resistenti, la coltivazione fuori suolo in serra, potrebbero rappresentare, da sole ed in combinazione, valida alternativa.

Sarebbe dunque auspicabile un approccio di tipo sistemico e multidisciplinare in cui l'impiego delle diverse tecnologie innovative disponibili sani la conflittualità che ancora esiste tra processo produttivo da un lato ed esigenze di ordine ambientale ed economico dall'altro.

In questo contesto, una strategia innovativa per ridurre l'impatto delle colture sull'ambiente é quella che tende a trasformare il sistema agricolo da «aperto» a «chiuso», sostanzialmente basato sulla riduzione/riutilizzo del materiale di scarto, sull'automatizzazione ed informatizzazione, sul monitoraggio dei parassiti, ecc.

L'obiettivo della ricerca è stato di valutare, nel breve e medio periodo, gli effetti di colture

intercalari (*Brassica juncea* e miscuglio favino veccia) sugli aspetti produttivi e qualitativi della colturali melone invernale e del cavolfiore inseriti in stretta successione e sulle caratteristiche chimico-fisiche del terreno.

## 8.2 Materiali e metodi

La ricerca è stata condotta nel biennio 2009-2011 presso l'azienda "Campo Carboj" della Sezione Operativa dell'Ente Sviluppo Agricolo di Castelvetro.

Il terreno dove è stata realizzata la prova, nei cinque anni precedenti l'attività di ricerca, aveva ospitato colture orticole di pien'aria tipiche della zona (carciofo, melone, anguria, cavolfiore). Sono stati valutati gli effetti dei residui di colture intercalari per la copertura del terreno sugli aspetti bio-produttivi di due specie orticole, melone invernale e cavolfiore, in stretta successione.

Come colture intercalari (cover crops) sono state utilizzate una Brassicacea e il miscuglio di 2 leguminose.

Il protocollo sperimentale ha previsto pertanto il confronto tra:

- *Brassica juncea* (L.) Czren;
- *Faba minor* (Favino) e *Vicia villosa* (Veccia) in consociazione;
- Suolo nudo (controllo);

In entrambi gli anni di attività, e per entrambe le cover crops utilizzate è stata altresì prevista una diversa gestione dei residui:

Trinciatura della coltura e successivo interrimento;

Trinciatura della coltura senza interrimento dei residui (pacciamatura organica);

Trinciatura della coltura con interrimento dei residui e pacciamatura del terreno con film biodegradabile.

Nelle unità sperimentali di controllo (suolo nudo) la gestione dei residui ha riguardato la flora spontanea infestante (*Fumaria officinalis*, *Papaverum somniferum*, *Avena fatua*), peraltro limitata, che è stata trinciata e integrata al suolo.

È stato adottato lo schema sperimentale della parcella suddivisa su unità di 58 m<sup>2</sup> ripetute 3 volte.

La preparazione del terreno è stata effettuata in autunno mediante aratura alla profondità di 35 cm circa alla quale è stata fatta seguire una erpicatura che, oltre a ridurre la macrozollosità del terreno, ha consentito l'interrimento dei concimi minerali, precedentemente distribuiti, in ragione di 50 kg/ha di N, 80 kg/ha di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 180 kg/ha di K<sub>2</sub>O.

La semina delle cover crops è stata effettuata a spaglio nella prima decade del mese di

gennaio.

La quantità di seme utilizzato per le leguminose consociate è stato di 75 e 100 kg/ha rispettivamente per *Vicia villosa* e *Faba minor*; per la *Brassica juncea* (L.) Czren, seminata in purezza, è stato utilizzato un quantitativo di seme di 20 kg/ha.

Nella terza decade del mese di aprile, quando il 30 % delle piante si trovava allo stadio di piena fioritura, si è proceduto con le operazioni di trinciatura e relativa gestione dei residui secondo quanto previsto dal protocollo sperimentale.

I quantitativi di biomassa apportati dalla trinciatura della porzione epigea delle cover crops sono stati  $6,3 \text{ kg m}^{-2}$  con il 23,1% di sostanza secca, con la consociazione favino-veccia, di  $1,8 \text{ kg m}^{-2}$  con il 27,2% di sostanza secca, con la *Brassica juncea* (L.) Czren e di  $1.1 \text{ kg m}^{-2}$ , con il 25% di sostanza secca, con la vegetazione spontanea presente nelle unità sperimentali di controllo. Nel secondo anno, i quantitativi di biomassa ed il relativo apporto di sostanza secca è stato pressoché analogo a quello incorporato il primo anno.

Nella prima decade del mese di maggio è stata effettuata una lavorazione superficiale (minum tillage) al fine creare le condizioni ottimali per la coltura successiva.

La coltura di melone invernale, che ha seguito le cover crops, è stata trapiantata, in entrambi gli anni, a metà maggio utilizzando piantine con pane di terra della cultivar Helios. La cucurbitacea è stata disposta in campo a file singole distanti 200 cm mentre sulla fila le piantine sono state disposte alla distanza di cm 100, realizzando una densità di 5000 piante/ha. La coltura è stata condotta in regime irriguo.

La nutrizione della coltura in post trapianto è stata assicurata tramite fertirrigazioni che hanno apportato 200 kg/ha di N, 60 kg/ha di  $\text{K}_2\text{O}$ , 50 kg/ha di  $\text{MgO}$  e 30 kg/ha di chelato di ferro.

Complessivamente gli elementi nutritivi somministrati alla cucurbitacea con la concimazione di fondo, praticata prima della semina delle specie intercalari, e le fertirrigazioni di copertura si sono attestate a 250 kg/ha di N, 80 kg/ha di  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 240 kg/ha di  $\text{K}_2\text{O}$ , 50 kg/ha di  $\text{MgO}$  e 30 kg/ha di chelato di ferro.

Alla coltura sono state praticate tutte le operazioni colturali ritenute necessarie.

I rilievi hanno riguardato: lunghezza dei germoglio, numero di foglie, produzione commerciabile, produzione non commerciabile, peso medio dei frutti, circonferenza trasversale e longitudinale, spessore dell'epicarpo, spessore del mesocarpo, percentuale parte edule, percentuale buccia, percentuale semi e placenta, consistenza della polpa e contenuto in solidi solubili.

I dati raccolti sono stati opportunamente tabellati ed elaborati statisticamente; per il confronto tra le medie è stato adottato il test di Duncan.

In entrambi gli anni di attività di ricerca alla coltura del melone invernale è stata fatta seguire quella del cavolfiore con le cultivar Emeraude F1 e Fangio F1, rispettivamente impiegate al primo ed al secondo anno di coltivazione.

Per l'impianto, praticato a fine agosto, sono state utilizzate piantine con pane di terra. La Brassicacea è stata disposta in campo a file singole distanti 100 cm mentre sulla fila le piantine sono state disposte alla distanza di cm 50, realizzando una densità di 20.000 piante/ha.

La nutrizione delle piante è stata assicurata in pre-impianto apportando 45 kg/ha di  $P_2O_5$  e 100 kg/ha di  $K_2O$ , sottoforma di solfato di potassio. Durante il ciclo colturale i fabbisogni nutritivi della coltura sono stati sopperiti tramite fertirrigazione, somministrando in maniera frazionata, nelle fasi di maggiore esigenza della coltura 120 kg/ha di N, 6 kg/ha di Mg e Ca.

Complessivamente alla coltura del cavolfiore sono stati apportati: 120 kg/ha di N, 45 kg/ha di  $P_2O_5$ , 100 kg/ha di  $K_2O$  e 6 kg/ha di MgO e CaO.

Alla coltura sono state praticate tutte le operazioni colturali ritenute necessarie.

I rilievi hanno riguardato: sviluppo delle piante, numero di foglie/pianta, altezza, peso e calibro dello stelo, produzione commerciabile, numero corimbi commerciabili, produzione non commerciabile, peso unitario dei corimbi e loro circonferenza longitudinale e trasversale. I dati raccolti sono stati opportunamente tabellati ed elaborati statisticamente; per il confronto tra le medie è stato adottato il test di Duncan.

Per valutare il clima dell'ambiente di coltivazione si è fatto riferimento alla stazione termopluviometrica di Sciacca (Ag), (latitudine 37,3, longitudine 0,38 e altitudine di 56 m s.l.m) che dispone di una serie storica trentennale. Dall'analisi della serie storica (1965-1994), si evince che la stazione di riferimento è caratterizzata da: precipitazione media annua di 491 mm, temperatura media annua di 18 °C, media delle massime del mese più caldo di 31°C, temperatura media del mese più freddo di 8 °C, con un escursione media annua di 18 °C.

Secondo la classificazione climatica dell'indice di aridità di De Martonne e dell'indice globale di umidità di Thornthwaite il clima della zona afferisce al semiarido.



**Cover crops**







**Piante di melone varietà Helios (pacciamato con film plastico PE)**



**Piante di melone varietà Helios (pacciamatura organica)**



**Peponidi di melone varietà Helios**





Piantine di cavolfiore varietà Fangio (protette con tessuto non tessuto)



Piante di cavolfiore varietà Fangio (formazione del corimbo)



**Corimbo di cavolfiore varietà Hemeraude**

### **8.3 Risultati e discussione**

#### **8.3.1 I anno melone**

L'attecchimento delle piantine sulle diverse tesi è stato pressoché regolare, tuttavia, le tesi pacciamate con film plastico biodegradabile, hanno meglio superato lo stress post-trapianto facendo registrare un attecchimento più uniforme. Qualche fallanza, tempestivamente rimpiazzata, è stata registrata su suolo nudo. Il primo rilievo sull'accrescimento delle piante, effettuato a 30 giorni dalla messa a dimora, ha evidenziato differenze statisticamente significative per quanto riguarda lo sviluppo vegetativo. Le tesi, dove come coltura intercalare era stata utilizzata la consociazione di leguminose, hanno fatto registrare uno sviluppo maggiore del germoglio principale (36,2 cm) seppur non significativamente diverso dalle altre tesi. il numero più elevato di foglie (25 foglie/pianta) è stato emesso dalle piante che sono successe alle leguminose, mentre le altre tesi si sono attestate su valori inferiori a 20 foglie/pianta.

Dopo 50 giorni dal trapianto, i ritmi di accrescimento più sostenuti sono stati rilevati nelle piante coltivate nelle unità sperimentali in cui il suolo è stato lasciato nudo nel corso dell'inverno; queste hanno incrementato di più la lunghezza del germoglio principale. Nonostante ciò le piante coltivate in successione al miscuglio di leguminose sono risultate quelle più sviluppate (95,0 cm), mentre nessuna differenza apprezzabile statisticamente è stata

rilevata tra le piante allevate nelle parcelle in cui era stata coltivata la *Brassica juncea* (L.) Czren e in quelle di controllo; per queste la lunghezza media del germoglio principale è risultata rispettivamente di 81,7 e 86,3 cm. Il numero di foglie/pianta non ha seguito l'andamento descritto per la lunghezza del germoglio, infatti il numero di foglie più elevato è stato registrato per le piante della tesi di controllo (61,3 cm), differenziatesi da quelle in cui la coltura intercalare era rappresentata dalla *Brassica juncea* (L.) Czren (L.) (55,1 cm) o dalla consociazione favino-veccia (54,2cm).

La gestione dei residui delle colture intercalari e la pacciamatura del suolo con film plastico biodegradabile hanno influenzato significativamente l'accrescimento delle piante. In particolare, i migliori risultati sono stati ottenuti nelle tesi dove i residui sono stati integrati al suolo ed è stata effettuata la pacciamatura, per le quali la lunghezza del germoglio era in media di 40,2 cm e il numero di foglie/pianta pari a 28,0. Le altre tesi non si sono differenziate tra loro ed hanno determinato uno sviluppo inferiore delle piante.

Dopo 50 giorni, la gestione dei residui delle colture intercalari ha avuto vistosi effetti sull'accrescimento delle piante; in particolare le piante delle parcelle in cui era stato previsto l'interramento dei residui e la pacciamatura con film biodegradabile hanno mostrato la più elevata lunghezza del germoglio principale (118 cm) e la più elevata fogliosità (97,4 foglie/pianta). Per contro, la trinciatura con interrimento dei residui e la trinciatura senza l'interrimento (pacciamatura organica) hanno impresso ritmi di sviluppo significativamente più contenuti; la lunghezza dei germogli è stata compresa tra 67 e 74 cm mentre il numero di foglie è variato tra 34 e 40.

### **8.3.2 Rilievi sulla produzione**

La raccolta è stata effettuata in un unico intervento eseguito a 84 giorni dal trapianto. Ciò è stato reso possibile grazie alla uniformità di maturazione dei frutti nelle diverse tesi considerate.

Le specie utilizzate come colture intercalari hanno determinato un effetto significativo sulla produzione commerciabile di melone. Le rese più elevate sono state ottenute dalle unità sperimentali in cui non era prevista alcuna cover crop (controllo). ( $30,5 \text{ t ha}^{-1}$ ). Nelle tesi in cui la coltura di melone è stata avvicendata a leguminose e la *B.juncea* le produzioni sono risultate significativamente inferiori pari rispettivamente  $26,5$  e  $25,3 \text{ t ha}^{-1}$ .

La diversa gestione dei residui colturali dellem cover crops ha modificato significativamente la risposta produttiva delle piante di melone..

Le produzioni commerciabili sono risultate più elevate nelle piante coltivate sulle parcelle in cui i residui colturali venivano interrati e il terreno pacciato ( $35,1 \text{ t ha}^{-1}$ ). Tale spinta produttiva

potrebbe essere attribuita esclusivamente all'effetto della pacciamatura, in quanto nelle tesi in cui i residui colturali venivano interrati è stata ottenuta una produzione inferiore di circa 10 t ha<sup>-1</sup>. Livelli produttivi inferiori sono stati ottenuti anche nelle unità sperimentali in cui i residui colturali in seguito alle operazioni di trinciatura venivano lasciati in superficie “(22,8 t ha<sup>-1</sup>).

La produzione di frutti non commerciabili non è variata in funzione dei trattamenti sperimentali.

L'interazione tra le colture intercalari e la gestione dei loro residui è risultata significativa. Le piante coltivate in successione alle sole infestanti presenti nel terreno si sono avvantaggiate maggiormente rispetto alle altre tesi della pacciamatura con film biodegradabile.

Il peso medio dei frutti non è stato influenzato significativamente dalle cover crop, è si è attestato in media su valori di circa 2400 g.

La gestione delle colture intercalari ha determinato delle lievi variazioni sul peso medio dei frutti. Questi sono risultati di pezzatura lievemente maggiore quando veniva utilizzata la pacciamatura organica o quella con film biodegradabile. L'interramento dei residui colturali ha fatto ottenere invece frutti di pezzatura inferiore a 2300 g.

Le colture intercalari non hanno condizionato significativamente lo sviluppo longitudinale dei frutti, infatti hanno fatto rilevare in media una circonferenza longitudinale di 52,3 cm e trasversale di 57,7 cm.

Le modalità di gestione dei residui delle colture intercalari non ha influenzato significativamente la lunghezza dei frutti. Significativo, invece, è stato l'effetto sulla circonferenza trasversale dei frutti che sono risultati più grossi nelle tesi che prevedevano l'interramento e la pacciamatura con film biodegradabile (59,3 cm)

Lo spessore dell'epicarpo non è variato in modo significativo né in funzione delle cover crops né in funzione della modalità con cui venivano gestiti i loro residui.

Lo spessore del mesocarpo non ha subito alcuna influenza dalla successione colturale. Lo spessore della parte edule dei frutti è risultato in media pari a circa 40 mm. La diversa gestione dei residui colturali, ha invece fatto registrare delle differenze significative nello spessore del mesocarpo dei frutti. Valori più elevati sono stati rilevati nei frutti raccolti nelle unità sperimentali che prevedevano trinciatura, l'interramento dei residui e pacciamatura (42 mm). Nelle altre tesi lo spessore della parte edule si è attestato su valori inferiori, pari in media a circa 38 mm.

La percentuale di parte edule dei frutti non è stata influenzata significativamente dai fattori sperimentali presi in esame. La porzione edule dei frutti commerciabili è risultata in media

pari a circa il 74%. Analogamente la componente del frutto rappresentata da buccia (20,5% in media) o da semi e placenta (5,8% in media) è risultata pressoché costante al variare dei trattamenti sperimentali.

Le colture intercalari hanno determinato differenze statisticamente significative per quanto riguarda la consistenza dei frutti. La maggiore resistenza alla penetrazione è stata opposta dalla polpa dei frutti raccolti dalle piante delle tesi che prevedevano l'introduzione di leguminose e di brassica all'interno della rotazione (12,4 N circa). Per contro nelle tesi di controllo i frutti raccolti presentavano una consistenza inferiore della (11,2 N). Le differenze tra i valori di consistenza dei frutti dovute alla gestione dei residui colturali sono risultate più modeste e pertanto non significative.

I frutti raccolti nel corso del primo anno di sperimentazione presentavano tutti un contenuto di solidi solubili superiore al limite minimo per la commercializzazione (10 °Brix).

Le colture intercalari hanno determinato un effetto significativo sul contenuto dei solidi solubili.

Il contenuto zuccherino più elevato (11,7 ° Brix) è stato riscontrato nelle tesi in cui la coltura del melone è stata preceduta da leguminose o in quelle in cui il terreno era stato lasciato incolto. (rispettivamente 11,7 e 11,6°Brix). Il tenore zuccherino più basso (11,0° Brix) è stato registrato nelle tesi in cui la *Brassica juncea* (L.) Czren è stata utilizzata come cover crop.

Anche la gestione dei residui colturali ha manifestato il suo effetto su tale parametro. La tecnica del sovescio abbinata alla pacciamatura con film biodegradabile, ha fatto ottenere il contenuto di solidi solubili più elevato (12,0° Brix), mentre le altre tesi hanno di poco superato gli 11°Brix.

### **8.3.3 Il anno melone**

Il primo rilievo sull'accrescimento delle piante, effettuato a 30 giorni dalla messa a dimora, ha evidenziato differenze statisticamente significative per quanto riguarda lo sviluppo vegetativo. Le tesi, che ospitavano la consociazione di leguminose e le tesi di controllo hanno fatto registrare uno sviluppo medio maggiore del germoglio principale pari a 34,3 cm; seppur non significativamente diverso dalle altre tesi. Il numero di foglie è stato influenzato significativamente dal fattore cover crops. Il numero più elevato di foglie (21,2 foglie/pianta) è stato emesso dalle piante che sono successe alle leguminose. Le altre tesi, suolo nudo e B.juncea hanno fatto rilevare rispettivamente 17,5 e 17,0 foglie/pianta.

La diversa gestione di residui colturali ha fatto rilevare delle differenze statisticamente significative sullo sviluppo germoglio principale. Ritmi di crescita più sostenuti sono stati registrati nelle tesi in cui i residui colturali venivano interrati e sulla fila è stato applicato il

film biodegradabile.(38,1 cm). Uno sviluppo più contenuto dei tralci principali è stato monitorato nelle tesi in cui i residui della parte epigea della pianta sono stati lasciati in superficie e interrati (rispettivamente pari a 30,3 e 30,9 cm). Il numero di foglie ha seguito l'andamento della crescita dei germogli, infatti il numero di foglie più elevato è stato monitorato nelle parcelle pacciamate con film biodegradabile e i residui integrati al suolo (25,1 foglie/pianta). Per contro una fogliosità più contenuta è stata ottenuta nelle tesi in cui i residui sono stati interrati (15,7 foglie/pianta) e nelle parcelle in cui è stata fatta la pacciamatura organica (14,7foglie/pianta)

Il secondo rilievo sulla coltura del melone è stato realizzato a 50 giorni dal trapianto. Lo sviluppo delle piante è stato influenzato in maniera statisticamente significativa dalle colture intercalari. I ritmi di accrescimento più sostenuti sono stati rilevati sulle piante coltivate nelle unità sperimentali in cui le leguminose hanno preceduto la cucurbitacea, registrando lunghezze del germoglio principale pari a 94,67 cm. Nonostante ciò le piante coltivate nelle unità sperimentali di controllo e in successione a *B.juncea* hanno fatto rilevare lunghezze del germoglio principale rispettivamente di 88,4 e 82,6 cm. Il numero di foglie/pianta, come per il primo anno non ha seguito l'andamento descritto per la lunghezza del germoglio, infatti il numero di foglie più elevato è stato registrato per le piante della tesi di controllo (62,6 foglie/pianta), discostandosi dalle parcelle in cui la coltura intercalare era rappresentata dalla consociazione favino-veccia (61,0 foglie/pianta). La fogliosità più modesta è stata monitorata nelle tesi in cui come la coltura intercalare era la *Brassica juncea* (L.) Czren (55,1 foglie/pianta).

La gestione dei residui delle colture intercalari e la pacciamatura del suolo con film plastico biodegradabile hanno influenzato significativamente l'accrescimento delle piante. In particolare, i migliori risultati sono stati ottenuti nelle tesi dove i residui sono stati integrati al suolo ed è stata effettuata la pacciamatura (98.17 foglie/pianta). Il numero più contenuto di foglie è stato registrato nelle parcelle in cui è stata fatta la pacciamatura organica (35,33 foglie/pianta); mentre il numero di foglie/pianta nelle tesi in cui i residui sono stati interrati è stato di 40,29 foglie/pianta leggermente superiore al primo anno.

#### **8.3.4 Rilievi sulla produzione**

La raccolta è stata effettuata in un due interventi eseguito a 86 giorni dal trapianto, a causa di una minore uniformità di maturazione dei frutti nelle diverse tesi considerate.

Le specie utilizzate come colture intercalari non hanno determinato un effetto significativo sul primo stacco Le produzioni sono state comprese tra 13.4 t ha<sup>-1</sup> (controllo) e una produzione

media pari a  $17,9 \text{ t ha}^{-1}$  nelle parcelle che hanno ospitato la leguminosa e la brassicacea. La diversa gestione dei residui colturali delle cover crops ha modificato significativamente la risposta produttiva delle piante di melone..

Le produzioni commerciabili è risultata più elevata nelle piante coltivate sulle parcelle in cui residui colturali venivano interrati e il terreno pacciamato ( $22,8 \text{ t ha}^{-1}$ ). In queste unità sperimentali la resa è stata riconfermata rispetto al primo anno, dando maggiore attendibilità all'effetto semplice della pacciamatura con film biodegradabile. In quanto lo scarto produttivo fra le tesi di circa  $10 \text{ t ha}^{-1}$  del primo anno viene superato. In particolare, rispetto al primo ciclo nelle tesi in cui i residui colturali non venivano interrati è stata ottenuta una produzione di  $11,2 \text{ t ha}^{-1}$ . Livelli produttivi leggermente superiori sono stati nelle unità sperimentali in cui i residui colturali in seguito alle operazioni di trinciatura sono stati interrati pari a  $15,34 \text{ t ha}^{-1}$ . La seconda raccolta distanziata 15 giorni dalla prima non ha fatto registrare effetti statisticamente significativi da parte dei due fattori (cover crops e gestione dei residui colturali). Le rese sono state comprese fra  $4,9 \text{ t ha}^{-1}$  e  $7,1 \text{ t ha}^{-1}$ .

La produzione totale non è stata influenzata significativamente dall'effetto delle colture intercalari, mentre la diversa gestione dei residui colturali ha avuto ripercussioni significative all'analisi della varianza. Le produzioni più elevate hanno seguito l'andamento del primo anno, facendo rilevare una resa di  $29,9 \text{ t ha}^{-1}$  nelle parcelle in cui oltre a interrare i residui è stata effettuata la pacciamatura sulla fila. Rese più modeste sono state registrate nelle unità sperimentali in cui i residui colturali in seguito alle operazioni di trinciatura sono stati interrati ( $20,33 \text{ t ha}^{-1}$ ) e nelle parcelle in cui era prevista la pacciamatura organica ( $17,94 \text{ t ha}^{-1}$ ).

La produzione di frutti non commerciabili non è variata in maniera statisticamente significativa in funzione dei trattamenti sperimentali.

L'interazione tra le colture intercalari e la gestione dei loro residui è risultata significativa per quanto riguarda il peso medio dei frutti. I pesi medio dei peponidi generale e raccolti nel primo intervento, per entrambi i fattori non è sceso al di sotto dei  $2000 \text{ g}$ . La seconda raccolta effettuata a causa di una scarsa uniformità di maturazione rispetto al primo anno, ha fatto rilevare il peso medio dei frutti più basso pari a  $1805 \text{ g}$ .

Le cover crops a differenza del primo anno hanno condizionato significativamente lo sviluppo longitudinale dei frutti. I frutti raccolti nelle parcelle in cui il melone successe alle leguminose è stata rilevata una circonferenza longitudinale di  $57,67 \text{ cm}$ , mentre nelle parcelle in cui il melone seguiva la brassicacea la circonferenza longitudinale era di  $56,1 \text{ cm}$ . Le tesi di controllo hanno fatto ottenere le più modeste circonferenze longitudinali ( $54,2 \text{ cm}$ ).

L'effetto delle colture intercalari non ha sortito effetti statisticamente significativi sulla



circonferenza trasversale dei frutti di melone, i quali sono risultati pressoché identici (50,1 cm)

Le modalità di gestione dei residui delle colture intercalari ha influenzato significativamente la lunghezza dei frutti. Pertanto i frutti con la maggiore circonferenza trasversale sono stati raccolti nelle tesi che prevedevano l'interramento e la pacciamatura con film biodegradabile (51,8 cm). Per contro circonferenze trasversali modeste sono state ottenute nelle parcelle in cui i residui erano lasciati in superficie (49,7 cm) e nelle tesi in cui i residui venivano incorporati al suolo (50,61 cm).

Lo spessore dell'epicarpo analogamente al primo anno di sperimentazione non è variato in modo significativo né per effetto delle colture intercalari né in funzione della modalità con cui venivano gestiti i loro residui.

Anche lo spessore del mesocarpo non ha subito alcuna influenza statisticamente significativa, a differenza del primo anno. Lo spessore della parte edule dei frutti è risultato in media inferiore di 4 mm rispetto ai risultati dell'anno precedente, pari a circa 36 mm.

La percentuale di parte edule dei frutti non è stata influenzata significativamente dai fattori sperimentali. Nonostante ciò rispetto al primo anno è stato osservato un calo medio percentuale della parte edule del 12%. La porzione edule dei frutti commerciabili è risultata in media pari a circa il 62%. La porzione del frutto rappresentata da buccia nel corso dei rilievi del secondo ha fatto rilevare un incremento percentuale di cinque punti circa attestandosi intorno al 25%. Il parametro inerente la percentuale di semi e placenta a differenza del primo anno è stato influenzato da tutti i livelli dei due fattori. Le cover crops hanno significativamente influito sulla percentuale di semi e placenta. La maggiore quantità di semi e placenta è stata ottenuta dai frutti raccolti sulle parcelle sperimentali di controllo; subordinatamente un'elevata percentuale di semi e placenta è stata riscontrata nei frutti provenienti dalle unità sperimentali investite con *B.juncea* (13,13%). Il contenuto inferiore di semi e placenta è stato riscontrato sui frutti staccati dalle unità sperimentali dove come colture intercalari sono state seminate le leguminose (12,92%). Anche l'effetto della diversa gestione dei residui colturali ha fatto registrare differenze statisticamente significative. La maggiore percentuale di semi e placenta è stata rilevata sui frutti delle parcelle sperimentali nelle quali i residui colturali in seguito alle operazioni di trinciatura venivano interrati (13,51%) subordinatamente nelle tesi in cui veniva effettuata la pacciamatura organica (13,55%). I Valori più bassi di semi e placenta sono stati riscontrati nelle unità sperimentali che oltre alla pacciamatura con film biodegradabile sulla fila è stato effettuato l'interramento dei residui colturali (12,62%).

Le cover crops nel corso del secondo ciclo colturale hanno influenzato in maniera

statisticamente significativa la consistenza della polpa dei frutti di melone. Parametro di fondamentale importanza per la shelf life dei frutti in post-raccolta. La maggiore resistenza alla penetrazione è stata opposta dalla polpa dei frutti raccolti dalle piante delle parcelle su cui il melone successe alla *B.juncea* (16.4 N). La consistenza del mesocarpo più bassa è stata riscontrata sulla polpa dei frutti raccolti sulle piante coltivate sulle unità sperimentale che ospitavano le leguminose (14.2 N). Per contro nelle tesi di controllo i frutti raccolti presentavano una consistenza inferiore (15,5 N) Le differenze tra i valori di consistenza dei frutti, in seguito alla diversa gestione dei residui colturali sono risultati non significativi.

Il trend dei solidi solubili, nei due anni di sperimentazione ha fatto osservare un andamento analogo al primo anno.

Le colture intercalari hanno determinato un effetto significativo sul contenuto dei solidi solubili.

Il contenuto zuccherino più elevato (11,9 ° Brix) è stato riscontrato nelle tesi in cui la coltura del melone successe alle leguminose e in quelle in cui il terreno era stato lasciato incolto.( 11,8°Brix). Il tenore zuccherino più basso (11,1° Brix) è stato registrato nelle tesi in cui come cover crop è stata utilizzata la *Brassica juncea* (L.) Czren (L.). Anche la gestione dei residui colturali ha manifestato il suo effetto su tale parametro. La tecnica del sovescio abbinata alla pacciamatura con film biodegradabile, ha fatto ottenere il contenuto di solidi solubili più elevato (12,3° Brix), mentre le altre tesi non hanno superato gli 11°Brix.

### **8.3.5 I anno Cavolfiore**

Il cavolfiore nell'avvicendamento annuale è stata la terza coltura della successione, in seguito alle cover crops e al melone. La piantine sono state messe a dimora la seconda decade del mese di agosto. L'attecchimento nelle diverse unità sperimentali è stato pressoché regolare. Le poche fallanze presenti sono state immediatamente rimpiazzate.

In seguito alle operazione di raccolta sono state estirpate le piante di riferimento in modo da valutare lo sviluppo delle piante prendendo in considerazione il peso ed il numero delle foglie, l'altezza, il diametro e il peso del fusto.

Le colture intercalari e le differenti modalità di gestione della biomassa vegetale non hanno influito in maniera statisticamente significativa sullo sviluppo della parte aerea della pianta; infatti il numero medio delle foglie per pianta è stato pressoché omogeneo (poco inferiore a 23 foglie/pianta). Il peso medio delle piante non ha subito alcuna influenza dai fattori sperimentali, ed è risultato costituito per poco più del 50% dalle foglie e per poco meno del 10% dallo stelo. L'altezza del fusto non è stata influenzata in maniera statisticamente significativa dall'effetto delle cover crops e dalla diversa gestione dei residui ed è risultato

lungo circa 18 cm in media. Le colture intercalari hanno modificato significativamente il diametro dello stelo; in particolare, il diametro maggiore dei fusti, è stato rilevato nelle tesi in cui come cover crops è stata utilizzata la *B.juncea*. (46,9 cm) per le quali il fusto è risultato circa 5 mm più largo delle altre tesi. La diversa gestione dei residui colturali non ha modificato all'analisi della varianza il diametro dello stelo. Il peso dello stelo non è variato in maniera statisticamente significativa in funzione dei trattamenti sperimentali. è si è attestato su valori medi di circa 400 g.

La raccolta del cavolfiore è stata effettuata in due interventi a 105, e a 124 giorni dal trapianto. Ciò a causa della modesta uniformità di sviluppo dei corimbi, nonostante l'utilizzo di una varietà ibrida. Alla prima raccolta, risultata la più produttiva, le cover crops e la diversa gestione dei residui colturali non hanno sortito effetti statisticamente significativi all'analisi della varianza sulle rese. La produzione commerciabile media nelle unita sperimentali che ospitavano le colture intercalari è stata di 15,5 t ha<sup>-1</sup> mentre nelle unita sperimentali di controllo la produzione di corimbi commerciabili è stata leggermente superiore pari a 17,2 t ha<sup>-1</sup>. La produzione più modesta è stata ottenuta nelle tesi in cui i residui venivano lasciati in superficie (13,8 t ha<sup>-1</sup>). Per contro nelle tesi in cui i residui sono stati interrati e nelle parcelle in cui oltre a integrare la biomassa vegetale è stato disposto il film biodegradabile sulla fila, la produzione è stata di 17,7 t ha<sup>-1</sup>.

Le differenze produttive sono risultate più marcate e significative nel corso della seconda raccolta. La resa più elevata è stata rilevata nelle tesi sperimentali in cui come coltura intercalare è stata utilizzata la leguminosa (10,2 t ha<sup>-1</sup>), che hanno prodotto quasi il doppio rispetto a quelle rimaste prive di copertura durante l'inverno (5,4 t ha<sup>-1</sup>). Per quanto attiene la gestione dei residui colturali la maggiore quantità di corimbi commerciabili è stata raccolta nelle tesi in cui è stata effettuata la pacciamatura organica (10,3 t ha<sup>-1</sup>), mentre il livello più basso è stato raggiunto nelle parcelle in cui è stata effettuata la pacciamatura dopo aver interrato i residui (5,6 t ha<sup>-1</sup>). Le differenze produttive riscontrate nelle due raccolte per i diversi fattori considerati, si sono bilanciate determinando una produzione commerciabile di corimbi che si è differenziata molto poco con valori medi di 23,8 t ha<sup>-1</sup>.

A causa delle fallanze, della mancata differenziazione di corimbi o per l'insufficiente sviluppo degli stessi, non tutte le piante hanno fornito corimbi commerciabili. L'effetto delle cover crops e la diversa gestione dei residui colturali non hanno influito in maniera statisticamente significativa sul numero di corimbi commerciabili che in media in totale risultavano essere circa 14000 ha<sup>-1</sup>.

I corimbi che si presentavano deformi o prefioriti e pertanto non commerciabili sono risultati di modesta entità mantenendosi in media in quantità inferiore a  $0,5 \text{ t ha}^{-1}$  nelle diverse tesi sperimentali. Tuttavia lievi differenze sono state registrate nel corso delle raccolte. Nel primo intervento non sono state riscontrate infiorescenze non commerciabili nelle parcelle in cui i residui colturali venivano trinciati e interrati. Le più modeste quantità di corimbi non commerciabili al secondo intervento sono stati rilevati nelle tesi in cui i residui colturali venivano lasciati in superficie ( $0,18 \text{ t ha}^{-1}$ ) e nelle parcelle in cui era presente la *B.juncea* come coltura intercalare ( $0,19 \text{ t ha}^{-1}$ ). Il peso medio dei corimbi ha subito lievi variazioni statisticamente non significative per entrambi i fattori. Questo parametro è di fondamentale importanza in quanto, essendo spesso venduti a numero e non a peso, determina comunque il valore commerciale dei corimbi. I nuovi ibridi si prestano bene alle esigenze del consumatore in quanto presentano delle modeste pezzature e una buona consistenza del corimbo. Nel corso della prima raccolta sono stati ottenuti corimbi di pezzatura più elevata rispetto alla seconda, infatti mentre i primi corimbi si presentavano di peso medio compreso tra circa 1750 e 1950 g, quelli raccolti per ultimi variavano all'incirca tra 1300 e 1600 g. Il peso medio generale di tutte le infiorescenze raccolte si è attestato su 1700 g circa con variazioni molto modeste tra le diverse tesi sperimentali.

Oltre alla pezzatura, un altro aspetto che caratterizza la qualità dei corimbi di cavolfiore è la loro compattezza. I corimbi nel corso del loro sviluppo tendono a perdere compattezza e ad aumentare le loro dimensioni in rapporto al peso. Tutte le infiorescenze raccolte si presentavano di buona qualità e compattezza e la loro circonferenza trasversale e longitudinale non è stata influenzata dalle cover crops o dalla diversa gestione dei residui colturali.

### **8.3.6 Il anno Cavolfiore**

Le piantine sono state messe a dimora la seconda decade del mese di agosto. L'attecchimento nelle diverse unità sperimentali è stato regolare. Tuttavia, a causa di danni causati da uccelli è stato necessario rimpiazzare le piantine e disporre di una protezione fisica (tessuto non tessuto) per impedire ulteriori danneggiamenti. In questo modo si è spostata di una settimana l'epoca di trapianto pianificata. Le colture intercalari e le differenti modalità di gestione della biomassa delle colture intercalari non hanno influito in maniera statisticamente significativa sullo sviluppo della parte epigea della pianta. Lo sviluppo complessivo della pianta nelle diverse unità sperimentali risulta differente rispetto all'anno precedente. Ciò è in gran parte attribuibile alle diverse caratteristiche della varietà impiegata, ma anche al ritardo dell'epoca di trapianto. Il numero medio delle foglie per pianta è stato di poco inferiore all'anno

precedente mentre lo sviluppo in altezza è risultato superiore di circa 5 cm rispetto al primo anno attestandosi su un valore medio di circa 23,5 cm. Il peso medio delle piante non ha subito alcuna influenza dai fattori sperimentali; analogamente al primo anno, sebbene la biomassa prodotta per pianta sia stata inferiore, la ripartizione percentuale della biomassa tra foglie, stelo e corimbo è risultata invariata (circa 51% costituito da foglie e circa il 10% dallo stelo). Le colture intercalari non hanno modificato significativamente il diametro dello stelo, mentre la diversa gestione dei residui ha influenzato in maniera statisticamente significativa tale parametro. In particolare, il diametro dei fusti è stato maggiore nelle parcelle pacciamate con film biodegradabile (44,9 cm). La raccolta del cavolfiore è stata effettuata in due interventi a 98 e a 116 giorni dal trapianto. Le cover crops e la diversa gestione dei residui colturali non hanno sortito effetti statisticamente significativi all'analisi della varianza sulla produzione di corimbi commerciabili.

A differenza del primo anno di prove, al primo intervento è stata raccolta una quantità minore di infiorescenze. La produzione più elevata è stata ottenuta dalle piante di cavolfiore successe alla *B. juncea* (14,6 t ha<sup>-1</sup>), superiore di 2,2 t ha<sup>-1</sup> rispetto alle altre tesi.

Per contro nelle tesi in cui i residui sono stati interrati e nelle parcelle in cui oltre a integrare la biomassa vegetale è stato disposto il film biodegradabile sulla fila, la produzione è stata in media di 13,8 t ha<sup>-1</sup>.

Le differenze produttive sono risultate più marcate ma non statisticamente significative nel corso della seconda raccolta, che è risultata più produttiva rispetto al primo anno di prove. La resa più elevata è stata riconfermata come nel primo anno nelle tesi sperimentali in cui come coltura intercalare è stata utilizzata la leguminosa (16,7 t ha<sup>-1</sup>). Per quanto attiene la gestione dei residui colturali, analogamente all'anno precedente la maggiore quantità di corimbi commerciabili è stata raccolta nelle tesi in cui è stata effettuata la pacciamatura organica (16,6 t ha<sup>-1</sup>), mentre il livello più basso è stato raggiunto nelle parcelle in cui è stata effettuata la pacciamatura dopo aver integrato i residui al suolo (11,1 t ha<sup>-1</sup>).

Analizzando la produzione totale commerciabile di cavolfiore, nel corso del secondo anno non si sono registrate differenze statisticamente significative, tuttavia la produzione di corimbi è aumentata di circa 4 t ha<sup>-1</sup>; attestandosi intorno a 27,6 t ha<sup>-1</sup>.

L'effetto delle cover crops e la diversa gestione dei residui colturali non hanno influito in maniera statisticamente significativa sul numero di corimbi commerciabili; grazie alla protezione fisica (tessuto non tessuto) il numero di fallanze è diminuito notevolmente e in questo modo è stato possibile ottenere un numero maggiore di infiorescenze pari a circa 18000 ha<sup>-1</sup>.

I corimbi con difetti di natura morfologica e fisiologica, pertanto non commerciabili sono risultati di modesta entità mantenendosi in media in quantità inferiore a  $0,5 \text{ t ha}^{-1}$  analogamente al primo anno. Modeste differenze sono state registrate nel corso delle raccolte. Nel primo intervento non sono state riscontrate infiorescenze non commerciabili nelle parcelle in cui i residui colturali venivano trinciati e interrati. Le più modeste quantità di corimbi non commerciabili al secondo intervento sono stati rilevati nelle tesi in cui i residui colturali venivano lasciati in superficie ( $0,18 \text{ t ha}^{-1}$ ) e nelle parcelle in cui era presente la *B.juncea* come coltura intercalare ( $0,19 \text{ t ha}^{-1}$ ).

Il peso medio dei corimbi non è stato influenzato in maniera statisticamente significativa da entrambi i fattori sperimentali. I nuovi ibridi si prestano bene al tipo di commercializzazione unitaria, alle esigenze del consumatore in quanto presentano delle modeste pezzature e una buona consistenza del corimbo. Nel corso della prima raccolta sono stati ottenuti corimbi di pezzatura più contenuta rispetto alla seconda, comportamento opposto rispetto al primo anno. Il peso medio delle infiorescenze raccolti nel primo intervento è stato di 1347g, mentre quelli raccolti per ultimi avevano una pezzatura media di 1677 g. Il peso medio generale dei corimbi di tutte raccolte è stato più basso di circa 250 g rispetto al peso medio delle infiorescenze del primo anno, il peso medio si attestava sui 1491 g/corimbo.

Oltre alla pezzatura, un altro aspetto che caratterizza la qualità dei corimbi di cavolfiore è la loro compattezza. I corimbi nel corso del loro sviluppo tendono a perdere compattezza e ad aumentare le loro dimensioni in rapporto al peso. Tutte le infiorescenze raccolte si presentavano di buona qualità e compattezza. La loro circonferenza longitudinale non è stata influenzata dalle cover crops o dalla diversa gestione dei residui colturali, infatti la circonferenza trasversale è stata compresa tra i 53,61 cm e i 55,89. La diversa gestione dei residui colturali ha influito significativamente all'analisi della varianza sulla circonferenza trasversale del corimbo. In particolare le infiorescenze con un perimetro maggiore sono state raccolte nelle tesi in cui i residui sono stati interrati e sulla fila è stata effettuata la pacciamatura (65.5 cm) mentre la circonferenza media delle altre due tesi si è attestata su 62.5 cm.

#### **8.4 Rilievi sul suolo**

Da quanto emerge dalla tabella 8.11, nel corso del biennio le caratteristiche chimiche del suolo sono state leggermente influenzate dalle colture intercalari e dalle tecniche colturali.

Il ph è rimasto invariato(6,90) nelle tesi in cui i residui colturali sono stati integrati al suolo e il terreno è stato pacciamato. Valori di ph più bassi (6,70) sono stati rilevati nelle tesi in cui la leguminosa è stata trinciata e interrata; mentre nelle tesi nelle quali la brassicacea è stata

trinciata e lasciata in superficie si sono registrati i più alti valori di pH, pari a 7,40.

La conducibilità elettrica del suolo, nel biennio di attività, ed in tutte le tesi, ha subito un incremento medio del 71 % in seguito all'itinerario tecnico adottato (fertirrigazioni, lavorazioni, gestione delle infestanti) e, all'inserimento delle colture intercalari nella rotazione intrannuale. Una minore concentrazione di sali minerali è stata osservata nelle tesi in cui la *brassica juncea* è stata trinciata interrata e le colture ortive sono state pacciamate sulla fila (480  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Il contenuto percentuale di sostanza organica ha subito un incremento del 23,17 % nelle tesi in cui la leguminosa è stata trinciata e integrata al suolo; aumenti apprezzabili della sostanza organica (19.86 %) sono stati rilevati nelle tesi in cui la brassicacea veniva trinciata interrata e pacciamata sulla fila. Nelle tesi in cui i residui colturali sono stati lasciati in superficie (pacciamatura organica) si è assistito a una riduzione media percentuale della sostanza organica, pari al 5%. I macro e micronutrienti hanno subito delle piccole variazioni rispetto al controllo mentre il potere adsorbente del suolo è stato positivamente influenzato. La capacità di scambio cationico maggiore è stata registrata nelle tesi in cui la *brassica juncea* è stata trinciata e interrata (17,40 meq/100g ).

## 8.5 Conclusioni

La ricerca ha mirato a valutare l'effetto dell'introduzione di colture intercalari in rotazioni orticole strette. La copertura del terreno nel periodo invernale e primaverile è stata realizzata con una consociazione di favino e veccia o con *Brassica juncea* al fine di migliorare la fertilità del suolo proteggendolo dall'azione battente della pioggia, intercettando la componente minerale, soprattutto azotata per evitare che venga persa in profondità, e aumentando il tenore di sostanza organica. La *B. juncea*, come altre brassicacee, produce una serie di composti solforati che una volta rilasciati nel terreno in seguito alla trinciatura possono avere una azione biofumigante, quindi può anche agire sull'attività microbica del terreno. Sono state prese in considerazione anche diverse modalità di gestione dei residui delle colture intercalari per individuare la più idonea ad esplicare un effetto positivo sul suolo e sulle colture ortive che succedono alle cover crops nella rotazione annuale. I residui colturali sono stati dunque trinciati ed impiegati come pacciamatura organica oppure incorporati al terreno, facendo anche ricorso alla pacciamatura con film biodegradabile trasparente. Interventi di questo tipo esplicano la loro azione in tempi necessariamente più lunghi rispetto ai veloci cicli colturali di molte specie ortive, pertanto affinché si verifichino modificazioni del suolo tali da fornire risultati concreti è necessario un periodo di prove superiore ai due

anni in cui è stata svolta la ricerca. Tuttavia alcune prime indicazioni e tendenze possono essere già messe in luce a partire dai primi dati raccolti.

L'introduzione di cover crops all'interno della rotazione melone – cavolfiore ha influito, seppure in modo non molto marcato sulla risposta bio-produttiva delle colture ortive oggetto della prova.

L'introduzione del miscuglio di leguminose nella rotazione ha determinato un maggiore sviluppo delle piante di melone ed una maggiore fogliosità rispetto all'impiego della *B. Juncea*.

Dal punto di vista produttivo nel corso del primo anno di prove le piante di melone hanno probabilmente risentito del consumo di azoto minerale dovuto all'incorporamento nel terreno delle colture intercalari, mentre nel corso del secondo anno si è iniziata ad osservare una certa tendenza delle piante di melone ad incrementare la loro produzione con l'impiego delle colture intercalari.

La qualità dei frutti di melone, invece, pare essere stata influenzata più dal diverso andamento climatico nel corso dei due anni che dall'effetto delle colture intercalari. Fa eccezione il contenuto in solidi solubili che pare venga lievemente ridotto dalla presenza nel suolo dei residui della *B. Juncea*.

Per quanto riguarda il cavolfiore l'effetto delle cover crops è stato nullo sullo sviluppo delle piante e molto limitato per ciò che riguarda le rese produttive, seppure una lieve tendenza all'incremento di queste è stata osservata per le piante della rotazione in cui era previsto l'impiego delle leguminose come colture intercalari. Ciò è corrisposto anche ad un miglioramento delle caratteristiche qualitative dei corimbi raccolti che a parità di dimensioni si presentavano più pesanti e quindi compatti e graditi al consumatore.

Anche la diversa gestione dei residui delle colture intercalari nei due anni di prove ha messo in luce effetti tendenziali sulle colture oggetto di studio.

Nel caso del melone, tuttavia, gli effetti più macroscopici, sia sullo sviluppo sia sulla produttività delle piante sembra vadano imputati principalmente all'effetto della pacciamatura con film biodegradabile. E' probabile che questa tecnica sia riuscita in modo più efficace della pacciamatura organica a limitare le perdite di acqua dal terreno mantenendo le piante in condizioni di umidità migliori per esprimere il potenziale produttivo. Ciò ha favorito anche lo sviluppo dei frutti che si presentavano tendenzialmente più grossi e con un contenuto zuccherino più elevato.

Il cavolfiore, viceversa, ha tendenzialmente risentito della copertura del terreno con film biodegradabile, presentando rese lievemente inferiori ma con distacchi, rispetto alle altre tesi,



in aumento tra il primo ed il secondo anno di prove. Anche qualitativamente, l'impiego della pacciamatura con film biodegradabile ha determinato una tendenza negativa sui corimbi che si presentavano più espansi e meno pesanti e pertanto meno compatti e apprezzabili dal mercato.

Da mettere in evidenza, inoltre, come i fattori presi in esame (colture intercalari e gestione delle stesse) non abbiano interagito significativamente tra loro.

Considerati i risultati preliminari forniti dai primi due anni di prove è auspicabile proseguire le ricerche per valutare l'effetto più a lungo termine delle colture intercalari e della loro gestione sulle colture ortive.

**Tabella 8.1 - Rilievi bioproductivi melone 2010**

	Lunghezza dei germogli		Numero di foglie/pianta		Prod. Comm.
	(gg dal trapianto)		(gg dal trapianto)		(t/ha)
<b>Cover crops</b>	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>30</b>	<b>50</b>	
Favino + vecchia	36,2 n.s.	95,0 a	25,0 a	54,2 b	26,5 b
Brassica Juncea	32,5 n.s.	81,7 b	17,9 b	55,1 b	25,3 b
Suolo nudo	33,3 n.s.	86,3 ab	11,6 b	61,3 a	30,5 a
<b>Gestione residui</b>					
Trinciati e interrati	28,0 b	74,0 b	18,0 b	38,0 b	24,5 b
Pacciamatura organica	26,0 b	67,0 b	15,2 b	34,0 b	22,8 b
Trinc.+Interr.+Pacc.bio	40,2 a	118,0 a	28,0 a	97,4 a	35,1 a
<b>Cover crops x Gestione residui</b>					
	n.s.	n.s.	**	n.s.	*

I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono statisticamente per P=0,05 secondo il test di Duncan

n.s = non significativo

**Tabella 8.2 - Rilievi qualitativi frutti di melone 2010**

	<b>Peso medio (g)</b>	<b>Circ. long. (cm)</b>	<b>Circ. trasv. (cm)</b>	<b>Spess. epic (mm)</b>	<b>Spess. mes. (mm)</b>	<b>Parte edule (%)</b>	<b>Buccia (%)</b>	<b>Semi- plac (%)</b>	<b>Consist (N)</b>	<b>Sol. solubili (° Brix)</b>
<b>Cover crops</b>										
Favino + vecchia	2490 n.s.	52,9 n.s.	58,2 n.s.	9,6 n.s.	39,0 n.s.	73,6 n.s.	20,3 n.s.	5,8 n.s.	12,4 a	11,7 a
Brassica Juncea	2192 n.s.	51,9 n.s.	57,4 n.s.	9,1 n.s.	41,0 n.s.	73,9 n.s.	20,5 n.s.	5,8 n.s.	12,3 a	11,0 b
Suolo nudo	2466 n.s.	52,3 n.s.	57,6 n.s.	8,8 n.s.	39,0 n.s.	73,8 n.s.	20,6 n.s.	5,8 n.s.	11,2 b	11,6 a
<b>Gestione residui</b>										
Trinciati e interrati	2277 n.s.	52,3 n.s.	57,6 ab	8,8 n.s.	37,7 b	73,9 n.s.	20,2 n.s.	5,9 n.s.	11,6 n.s.	11,1 b
Pacciamatura organica	2418 n.s.	51,3 n.s.	56,3 b	9,6 n.s.	38,4 b	72,8 n.s.	21,4 n.s.	5,8 n.s.	12,4 n.s.	11,2 b
Trinc.+Interr.+Pacc.bio	2463 n.s.	53,0 n.s.	59,3 a	9,0 n.s.	42,0 a	74,5 n.s.	19,9 n.s.	5,9 n.s.	11,9 n.s.	12,0 a
<b>Cover crops x Gestione residui</b>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono statisticamente per P=0,05 secondo il test di Duncan

Per i valori percentuali l'elaborazione è stata effettuata sui corrispettivi valori angolari

n.s = non significativo

**Tabella 8.3 - Rilievi bioproductivi melone 2011**

	Lunghezza dei germogli (gg dal trapianto)		Numero di foglie/pianta (gg dal trapianto)		Produzione di frutti commerciabili (t/ha)			Produzione frutti non commerciabili (t/ha)		
Cover crops	30	50	30	50	I raccolta	I raccolta	Totale	I raccolta	I raccolta	Totale
Favino + vecchia	34,4 n.s.	94,7 a	21,2 a	61,0 ab	17,9 n.s.	5,0 n.s.	22,9 n.s.	0,5 n.s.	0,0 n.s.	0,5 n.s.
Brassica Juncea	30,8 n.s.	82,7 b	16,9 b	55,1 b	18,1 n.s.	6,7 n.s.	24,7 n.s.	0,6 n.s.	0,2 n.s.	0,8 n.s.
Suolo nudo	34,2 n.s.	88,4 ab	17,6 b	62,6 a	13,4 n.s.	7,2 n.s.	20,6 n.s.	1,1 n.s.	0,0 n.s.	1,1 n.s.
Gestione residui										
Trinciati e interrati	30,9 b	72,3 b	15,8 b	40,3 b	15,3 b	5,0 n.s.	20,3 b	0,8 n.s.	0,2 n.s.	1,0 n.s.
Pacciamatura organica	30,3 b	69,1 b	14,8 b	35,3 b	11,2 b	6,8 n.s.	17,9 b	0,7 n.s.	0,0 n.s.	0,7 n.s.
Trinc.+Interr.+Pacc.bio	38,2 a	120,8 a	25,1 a	98,2 a	22,9 a	7,1 n.s.	30,0 a	0,7 n.s.	0,0 n.s.	0,7 n.s.
Cover crops x Gestione residui	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono statisticamente per P=0,05 secondo il test di Duncan

n.s = non significativo

**Tabella 8.4 - Rilievi qualitativi frutti di melone 2011**

	Peso medio			Circ. long.	Circ. trasv.	Spess. epic	Spess. mes.	Parte edule	Buccia	Semi- plac	Consis t.	Sol.sol ubili
	(g)			(cm)	(cm)	(mm)	(mm)	(%)	(%)	(%)	(N)	°Brix
<b>Cover crops</b>	<b>I raccolta II raccolta Generale</b>											
Favino + vecchia	2310 n.s.	1770 n.s.	2135 n.s.	58 a	50,9 n.s.	8 n.s.	36,0 n.s.	61,8 n.s.	26,0 n.s.	13 b	14 b	11,9 a
Brassica Juncea	2240 n.s.	1861 n.s.	2026 n.s.	56 ab	50,7 n.s.	8 n.s.	37,0 n.s.	63,3 n.s.	23,6 n.s.	13 ab	16 a	11,1 b
Suolo nudo	2240 n.s.	1780 n.s.	2123 n.s.	55 b	50,6 n.s.	8 n.s.	34,0 n.s.	61,8 n.s.	24,7 n.s.	14 a	16 ab	11,8 a
<b>Gestione residui</b>												
Trinciati e interrati	2160 b	1881 n.s.	2079 n.s.	56 b	50,6 ab	12 n.s.	35,0 n.s.	64,0 n.s.	23,5 n.s.	14 a	16 n.s.	10,8 b
Pacciamatura organica	2200 b	1670 n.s.	2044 n.s.	54 b	49,8 b	11 n.s.	35,0 n.s.	60,7 n.s.	25,8 n.s.	14 a	15 n.s.	11,0 b
Trinc.+Interr.+Pacc.bio	2450 a	1870 n.s.	2167 n.s.	59 a	51,8 a	8 n.s.	37,0 n.s.	62,2 n.s.	25,0 n.s.	13 b	15 n.s.	12,3 a
<b>Cover crops x Gestione residui</b>	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono statisticamente per P=0,05 secondo il test di Duncan

Per i valori percentuali l'elaborazione è stata effettuata sui corrispettivi valori angolari

n.s = non significativo

**Tabella 8.5 - Rilievi biometrici cavolfiore 2010**

	<b>Foglie</b>		<b>Stelo</b>		
<b>Cover crops</b>	<b>Numero</b>	<b>Peso</b>	<b>Altezza</b>	<b>Diametro</b>	<b>Peso</b>
Favino + vecchia	22,5 n.s.	2272 n.s.	18,6 n.s.	41,5 b	427 n.s.
Brassica Juncea	22,9 n.s.	2478 n.s.	18,1 n.s.	46,9 a	398 n.s.
Suolo nudo	22,5 n.s.	2357 n.s.	18,3 n.s.	41,7 b	390 n.s.
<b>Gestione residui</b>					
Trinciati e interrati	22,6 n.s.	2418 n.s.	18,7 n.s.	45,1 n.s.	421 n.s.
Pacciamatura organica	22,4 n.s.	2481 n.s.	17,9 n.s.	43,3 n.s.	401 n.s.
Trinc.+Interr.+Pacc.bio	22,9 n.s.	2186 n.s.	18,7 n.s.	42,3 n.s.	400 n.s.
<b>Cover crops x Gestione residui</b>					
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono statisticamente per  $P=0,05$  secondo il test di Duncan

n.s = non significativo

**Tabella 8.6 - Rilievi produttivi cavolfiore 2010**

	Produzione di corimbi (t/ha)			Corimbi commerciabili (n°)			Produzione non (t/ha)		
<b>Cover crops</b>	<b>I racc.</b>	<b>II racc.</b>	<b>Tot.</b>	<b>I racc.</b>	<b>II racc.</b>	<b>Tot.</b>	<b>I racc.</b>	<b>II racc.</b>	<b>Tot.</b>
Favino + vecchia	15,3 n.s.	10,2 a	25,5 n.s.	8001 n.s.	6522 n.s.	14523 n.s.	0,17 n.s.	0,47 n.s.	0,64 n.s.
Brassica Juncea	15,8 n.s.	7,5 ab	23,3 n.s.	8784 n.s.	5105 n.s.	13889 n.s.	0,08 n.s.	0,19 n.s.	0,27 n.s.
Suolo nudo	17,2 n.s.	5,4 b	22,5 n.s.	9481 n.s.	4049 n.s.	13531 n.s.	0,12 n.s.	0,36 n.s.	0,48 n.s.
<b>Gestione residui</b>									
Trinciati e interrati	16,9 n.s.	7,2 ab	24,1 n.s.	9114 n.s.	5095 n.s.	14209 n.s.	0,00 n.s.	0,40 n.s.	0,40 n.s.
Pacciamatura organica	13,8 n.s.	10,3 a	24,0 n.s.	7127 n.s.	6474 n.s.	13600 n.s.	0,20 n.s.	0,18 n.s.	0,38 n.s.
Trinc.+Interr.+Pacc.bio	17,7 n.s.	5,6 b	23,3 n.s.	10025 n.s.	4108 n.s.	14133 n.s.	0,17 n.s.	0,43 n.s.	0,60 n.s.
<b>Cover crops x Gestione residui</b>									
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono statisticamente per P=0,05 secondo il test di Duncan

n.s = non significativo

**Tabella 8.7 - Rilievi qualitativi cavolfiore 2010**

	Peso medio corimbo (g)			Circonferenza (cm)	
<b>Cover crops</b>	<b>I raccolta</b>	<b>II raccolta</b>	<b>Generale</b>	<b>Trasv.</b>	<b>Long.</b>
Favino + vecchia	1917 n.s.	1564 n.s.	1759 n.s.	64,7 n.s.	55,9 n.s.
Brassica Juncea	1795 n.s.	1467 n.s.	1675 n.s.	66,6 n.s.	57,5 n.s.
Suolo nudo	1813 n.s.	1321 n.s.	1666 n.s.	66,0 n.s.	56,5 n.s.
<b>Gestione residui</b>					
Trinciati e interrati	1851 n.s.	1411 n.s.	1693 n.s.	65,8 n.s.	57,4 n.s.
Pacciamatura organica	1929 n.s.	1583 n.s.	1765 n.s.	65,8 n.s.	57,2 n.s.
Trinc.+Interr.+Pacc.bio	1764 n.s.	1366 n.s.	1648 n.s.	65,7 n.s.	55,4 n.s.
<b>Cover crops x Gestione residui</b>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono statisticamente per  $P=0,05$  secondo il test di Duncan  
n.s = non significativo



**Tabella 8.8 - Rilievi biometrici cavolfiore 2011**

	Foglie		Stelo		
Cover crops	Numero	Peso	Altezza	Diametro	Peso
Favino + vecchia	21,4 n.s.	1777 n.s.	23,9 n.s.	43,2 n.s.	347,5 n.s.
Brassica Juncea	21,9 n.s.	1769 n.s.	23,5 n.s.	43,0 n.s.	332,3 n.s.
Suolo nudo	21,9 n.s.	1796 n.s.	23,7 n.s.	43,7 n.s.	354,1 n.s.
<b>Gestione residui</b>					
Trinciati e interrati	22,6 n.s.	1836 n.s.	23,1 n.s.	42,4 b	333,1 n.s.
Pacciamatura organica	21,9 n.s.	1763 n.s.	23,9 n.s.	42,5 b	338,0 n.s.
Trinc.+Interr.+Pacc.bio	20,9 n.s.	1767 n.s.	23,9 n.s.	44,9 a	361,1 n.s.
<b>Cover crops x Gestione residui</b>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono statisticamente per  $P=0,05$  secondo il test di  
n.s = non significativo

**Tabella 8.9 - Rilievi produttivi cavolfiore 2011**

	Produzione di corimbi (t/ha)			Corimbi commerciabili (n°)			Produzione non (t/ha)		
<b>Cover crops</b>	<b>I raccolta</b>	<b>II raccolta</b>	<b>Totale</b>	<b>I raccolta</b>	<b>II raccolta</b>	<b>Totale</b>	<b>I raccolta</b>	<b>II raccolta</b>	<b>Totale</b>
Favino + vecchia	12,8 n.s.	16,7 n.s.	29,5 n.s.	8631 n.s.	9822 n.s.	18453 n.s.	0,17 n.s.	0,47 n.s.	0,64 n.s.
Brassica Juncea	14,6 n.s.	11,5 n.s.	26,1 n.s.	11693 n.s.	6956 n.s.	18650 n.s.	0,08 n.s.	0,19 n.s.	0,27 n.s.
Suolo nudo	12,8 n.s.	14,7 n.s.	27,5 n.s.	9667 n.s.	8662 n.s.	18328 n.s.	0,12 n.s.	0,36 n.s.	0,48 n.s.
<b>Gestione residui</b>									
Trinciati e interrati	14,0 n.s.	15,1 n.s.	29,1 n.s.	9738 n.s.	8880 n.s.	18618 n.s.	0,00 n.s.	0,40 n.s.	0,40 n.s.
Pacciamatura organica	12,4 n.s.	16,6 n.s.	29,1 n.s.	9209 n.s.	9260 n.s.	18470 n.s.	0,20 n.s.	0,18 n.s.	0,38 n.s.
Trinciati + interrati + pacc. bi	13,8 n.s.	11,1 n.s.	24,9 n.s.	11044 n.s.	7299 n.s.	18343 n.s.	0,17 n.s.	0,43 n.s.	0,60 n.s.
<b>Cover crops x Gestione residui</b>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono statisticamente per P=0,05 secondo il test di Duncan

n.s = non significativo

**Tabella 8.10 - Rilievi qualitativi cavolfiore 2011**

	Peso medio corimbo (g)			Circonferenza (cm)	
	I raccolta	II raccolta	Generale	Trasv.	Long.
<b>Cover crops</b>					
Favino + vecchia	1485 n.s.	1696 n.s.	1569 n.s.	63,5 n.s.	54,3 n.s.
Brassica Juncea	1249 n.s.	1653 n.s.	1430 n.s.	63,4 n.s.	55,2 n.s.
Suolo nudo	1320 n.s.	1697 n.s.	1488 n.s.	63,2 n.s.	54,4 n.s.
<b>Gestione residui</b>					
Trinciati e interrati	1435 n.s.	1702 n.s.	1547 n.s.	63,0 ab	54,7 n.s.
Pacciamatura organica	1351 n.s.	1794 n.s.	1552 n.s.	62,0 b	53,6 n.s.
Trinc.+Interr.+Pacc.bio	1248 n.s.	1524 n.s.	1365 n.s.	65,5 a	55,9 n.s.
<b>Cover crops x Gestione residui</b>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono statisticamente per P=0,05 secondo il test di Duncan

n.s = non significativo

**Tabella 8.11 Analisi chimiche del suolo**

TESI									
PARAMETRI	0	SN*	LPO*	LPE*	LI*	BI*	BPE*	BPO*	SPE*
pH in H <sub>2</sub> O (1 : 2,5 )	6,90	7,10	7,30	6,90	6,70	7,60	6,90	7,40	7,20
conducibilità elettrica specifica: in H <sub>2</sub> O (1 : 2,5 )µS/cm;	410	930	810	640	590	760	480	720	690
Sostanza Organica %	1,51	1,74	1,49	1,56	1,86	1,66	1,81	1,37	1,59
Carbonio Organico %	0,88	1,01	0,93	0,96	1,12	0,87	0,82	0,76	0,89
Azoto totale ‰	2,27	1,86	1,67	1,66	2,08	1,75	2,23	1,61	1,98
Az. Nitrico (N-NO <sub>3</sub> ) ‰	1,21	0,91	0,58	0,62	0,93	0,82	0,99	0,62	0,89
Az. Nitroso (N-NO <sub>2</sub> ) ‰	0,31	0,11	0,38	0,40	0,51	0,47	0,58	0,40	0,50
Az. Ammon. (N-NH <sub>4</sub> ) ‰	0,65	0,84	0,71	0,64	0,64	0,46	0,66	0,64	0,59
Fosforo assimilabile ppm	80	74	122	94	86	115	98	94	103
Potassio scambiabile ppm	420	420	470	510	630	450	370	510	470
Magnesio scambiabile ppm	320	370	480	410	570	510	460	420	390
Calcio scambiabile ppm	1930	2170	2390	2410	1930	2560	1890	2430	2250
Sodio scambiabile ppm	210	190	210	230	160	270	190	220	240
CSC meq/100g	13,00	15,60	16,20	16,10	14,50	17,40	13,30	16,10	15,20
Ferro disponibili (Fe) ppm	53	46	38	39	61	37	72	43	56

**0:** Inizio prova

\* analisi effettuate dopo 2 cicli colturali

**SN:** Suolo nudo (controllo)

**LPO:** Leguminosa trinciata e lasciata in superficie

**LPE:** Leguminosa trinciata e lasciata in superficie e pacciamata

**LI:** Leguminosa trinciata e interrata

**BI:** Brassica trinciata

**BPE:** Brassica trinciata e lasciata in superficie e pacciamata

**BPO:** Brassica trinciata e lasciata in superficie

**SPE:** Suolo nudo pacciamato

## Bibliografia Cover Crops

- Abawi G.S., Widmer T.L., 2000. *Impact of soil health management practices on soilborne pathogens, nematodes and root diseases of vegetable crops*. Applied Soil Ecology 15:37-47.
- Abdul Baki, A.A., Teasdale, J.R. 1993. A no-tillage tomato production system using hairy vetch and subterranean clover mulches. HortScience, 28:2, 106-108.
- Andrew W. Timothy A. Doane William R. Chris van Kessel. 2002 *Combining fertilizer and organic inputs to synchronize N supply in alternative cropping systems in California*. Agriculture, Ecosystems and Environment 91,233–243.
- Ashworth, S., Harrison, H. 1983. Evaluation of mulches for use in the home garden. HortScience, 18:2, 180-182.
- Aulakh M.S., Doran J.W., Walters D.T., Mosier A.R., Francis D.D. 1991. Crop residue type and placement effects on denitrification and mineralization. Soil Science Society of America Journal, 55:4, 1020-1025.
- Bailey K.L., Lazarovits G., 2003. *Suppressing soil-borne diseases with residues management and organic amendments*. Soil & Tillage Research 72:169-180.
- Baker K.F., Cook R.J., 1974. *Biological Control of Plant Pathogens*. Freeman, San Francisco, CA, USA.
- Balaruddin m., Meyer D.W., 1989. Water use by legumes and its effect on soil water status. Crop Science, 29:5, 1212-1216.
- Barnes J. P., A. R. Putnam B. A. Burke, and A. J. Aasen. 1987. *Isolation and characterization of allelochemicals in rye herbage*. Phytochemistry 26:1385–1390.
- Beale P., A. Craig and E. Crawford. 1985. *Balansa clover—a new clover-scorch tolerant species*. South Aust. Dept. of Ag. Fact Sheet 6/85. 3 pp.
- Beck, T, 1984. Microbiological and biochemical characteristics of agricultural soils. Part II. Relationship to the organic matter content. Zeitschrift fur Pflanzenernahrung un Bodenkunde, 147:4, 467-475.
- Bilbro J.D. 1991. *Cover crops for wind erosion control in semiarid regions*. pp.36 –38. In: W.L. Hargrove (ed.) Cover Crops for Clean Water. SWCS.
- Blok W.J., Lamers J.G., Termoshuizen A.J., Bollen G.J., 2000. *Control of soilborne plant pathogens by incorporating fresh organic amendments followed by tarping*.

Phytopathology 90: 253-259.

- Blum U., King L.D., T.M. Gerig M.E. Lehmann and Worsham A.D.. 1997. *Effects of clover and small grain cover crops and tillage techniques on seedling emergence of some dicotyledonous weed species*. Am. J. Alt. Ag. 12:146–161.
- Bonanomi G., Antignani V., Pane C., Scala F., 2007. *Suppression of soilborne fungal diseases with organic amendments*. Journal of Plant Pathology 89: 311-324.
- Bonanomi G., Chiurazzi M., Caporaso S., Del Sorbo G., Moschetti G., Scala F., 2008. *Soil solarization with biodegradable materials and its impact on soil microbial communities*. Soil Biology and Biochemistry 40: 1989-1998.
- Bonanomi G., Giorgi V., Del Sorbo G., Neri D., Scala F., 2006a. *Olive mill residues affect saprophytic growth and disease incidence of foliar and soilborne plant fungal pathogens*. Agriculture Ecosystem and Environment 115: 194-200.
- Bonari E., Martorani F., Silvestri N., Bellocchi G., 1997. Effetti dell'avvicendamento sull'evoluzione della sostanza organica del terreno: una possibile metodologia di valutazione. Rivista di Agronomia, 31:2, 417-422.
- Boquet D. J. and Dabney S.M.. 1991. *Reseeding, biomass, and Nitrogen content of selected winter legumes in grain sorghum culture*. Agronomy. Journal. 83:144–148.
- Bottenberg H., Masiunas J., Eastman C., Eastburn D.M. 1997. Yield and quality constraints of cabbage planted in rye mulch. Biological Agriculture and Horticulture, 14:4, 323-342.
- Bowen, W.T., J.W. Jones, R.J. Carsky, and J.O. Quintana. 1993. *Evaluation of the nitrogen submodel of CERES-Maize following legume green manure incorporation*. Agron. J.85:153–59.
- Brandidohrn F.M., Dick R.P., Hess M., Kauffman S.M., Hemphill D.D. Jr, Selker J.S. 1997. Nitrate leaching under a cereal rye cover crop. Journal of Enviromental Quality, 26:1, 181-188.
- Brandsaeter, L.O., T. Smeby, A.M. Tronsmo, and J. Netland. 2000. *Winter annual legumes for use as cover crops in row crops in northern regions: II. Frost resistance study*. Crop Sci. 40:175–181.
- Brinsfield, R.B. and K.W. Staver. 1991. *Use of cereal cover crops for reducing groundwater nitrate contamination in the Chesapeake Bay region*. In: W.L.Hargrove (ed.) *Cover Crops for Clean Water*. SWCS. Ankeny, IA. pp.79–82.
- Bristow K.L., 1988. the role of mulch and its architecture in modifying soil temperature. Australian Journal of Soil Research, 26:2, 269-280.

- Brown, S. M., T. Whitwell, J. T. Touchton, and C. H. Burmester. 1985. *Conservation tillage systems for cotton production*. Soil Sci. Soc. Am. J. 49:1256–1260.
- Bruce-RR, Hendrix-PF, Langdale-GW, Hargrove-WL, 1991. *Role of cover crops in recovery and maintenance of soil productivity*. Cover crops for clean water: the proceedings of an international conference, West Tennessee Experiment Station, April 9-11, 1991, Jackson, Tennessee, 109-115.
- Brussaard, L.; De Ruiter, P. C.; Brown, G. B. 2007. *Soil biodiversity for agricultural sustainability*. Agriculture, Ecosystems and Environment. 121:233-244.
- Calegari, A., and M.A. Pavan. 1995. *Effects of corn-winter green manure rotation on soil aggregation*. Arq. Biol. Tecnol. 38:45–53.
- Calkins, J.B. and B.T. Swanson. 1998. *Comparison of conventional and alternative nursery field management systems: soil physical properties*. J. of Env. Hort. 16:90 – 97.
- Campbell R.B., Karlen D.L., Sojka R.E. 1984. Conservation tillage for maize production in the U.S. southeastern coastal plain. Soil and Tillage Research, 4:6, 511-529.
- Campbell R.B., R.E.Sojka, and D.L. Karlen. 1984. *Conservation tillage for soybean in the U.S. southeastern coastal plain*. Soil Tillage Res. 4:531–541.
- Campiglia E., 1999. Colture di copertura utilizzate in agroecosistemi mediterranei. Nota 1: modificazioni dell'ambiente culturale. Rivista di Agronomia, 33:2, 90.
- Caporali F., Campiglia E., Anselmo V. 1994. Prospettive per l'uso di Trifolium subterraneum L. come cover crop in un nocciolo dell'Italia centrale. Rivista di Agronomia, 28:4, 331-335.
- Chan, K.Y. and D.P. Heenan. 1996. *Differences in the properties of a red earth after ten years of wheat-lupin and wheat-subterranean clover rotations*. Aust. J. Exper. Agric. 36:539–543.
- Chapman, H.D., G.F. Liebig, and D.S. Rayner. 1949. *A lysimeter investigation of nitrogen gains and losses under various systems of covercropping and fertilization and a discussion of error sources*. Hilgardia 19:57–95.
- Chen W., Hoitink H.A.J., Madden L.V., 1988a. *Microbial activity and biomass in container media for predicting suppressiveness to damping-off caused by Pythium ultimum*. Phytopathology 78:1447-1450.
- Chen W., Hoitink H.A.J., Schmitthenner A.F., Tuovinen O.H., 1988b. *The role of microbial activity in suppression of damping-off caused by Pythium ultimum*. Phytopathology 78: 314-322.

- Ciancio, A. Atti del Convegno sulle "Alternative all'utilizzo del Bromuro di Metile" *Alternative e tecnologie biologiche: microrganismi antagonisti di nematodi*.
- Clapperton, J., and M. Ryan. 2001. *Uncovering the Real Dirt on No-Till*. Rhizosphere Ecology Research Group, Agriculture and Agri-Food Canada,
- Clark A.J., Decker A.M., Meisinger J.J., McIntosh M.S. 1997. Kill date of vetch, rye and a vetch-rye mixture: II. Soil moisture and corn yield. *Agronomic Journal*, 89:3, 434-441.
- Clark, A.J., A.M. Decker, and J.J. Meisinger. 1994. *Seeding rate and kill date effects on hairy vetch-cereal rye cover crop mixtures for corn production*. *Agron J.* 86:1065–1070.
- Conklin A.E., Erich M.S., Liebman M., Lambert D., Gallandt E.R., Halteman W.A., 2002. *Effects of red clover (Trifolium pratense) green manure and compost soil amendments on wild mustard (Brassica kaber) growth and incidence of disease*. *Plant and Soil* 238: 245-256.
- Cook, R. J. & Baker, K. F. (1983). *The nature and practice of biological control of plant pathogens.*, APS Press, St. Paul.
- Creamer, N. G., B. Plassman, M.A. Bennett, R.K. Wood, B.R. Stinner, and J. Cardina. 1995. *A method for mechanically killing cover crops to optimize weed suppression*. *Am J. Alt. Agri.* 10:156 –161.
- Creamer, N.G., M.A. Bennett, and B.R. Stinner. 1997. *Evaluation of cover crop mixtures for use in vegetable production systems*. *J. Ag. Food Chem.* 45:866 –870.
- Croteau G.A., Zibilske L.M., 1998. *Influence of papermill processing residuals on saprophytic growth and disease caused by Rhizoctonia solani*. *Applied Soil Ecology* 10: 103-115.
- Crutchfield D.A. 1985. The effect of wheat straw mulch on weed control and corn growth. *Dissertation Abstracts International, B Science and Engineering*, 45:9, 2741 B.
- Dabney, S. M. 1995. *Cover crops in reduced tillage systems*. *Proceedings of the Beltwide Cotton Conferences*. pp. 126 –127.
- Dabney, S. M., G.A. Breitenbeck, J.L. Griffin, and B.J. Hoff. 1989. *Subterranean clover cover crop used to increase rice yield*. *Agron. J.* 81:483– 487.
- Dabney, S. M., N. W. Buehring and D. B. Reginelli. 1991. *Mechanical control of legume cover crops*. pp.146 –147. In: W.L. Hargrove (ed.) *Cover Crops for Clean*



Water. SWCS. Ankeny, IA.

- Dabney, S.M. 1998. *Cover crop impacts on watershed hydrology*. J. Soil Water Cons. 53:207–213.
- Dabney, S.M., J. D. Schreiber, C. S. Rothrock, and J. R. Johnson. 1996. *Cover Crops Affect Seedling Growth*. Agron. J. 88:961–970.
- Dabney, S.M., R. A. Rebich, and J.W. Pote. 1999. The Mississippi Delta MSEA program. Proceedings of the 10th *Conference of the International Soil Conservation Organization*. 23–27 May 1999, West Lafayette, IN.
- Dabney, Seth M. and D.R. Bouldin. 1985. *Fluxes of ammonia over an alfalfa field*. Agron. J. 77:572–578.
- Decker, A.M., A.J. Clark, J.J. Meisinger, F.R. Mulford, and M.S. McIntosh. 1994. *Legume cover crop contributions to no-tillage corn production*. 1994. Agron. J. 86:126–135.
- Delgado, J.A., M.J. Shaffer and M.K. Brodahl. 1998. *New NLEAP for shallow and deep rooted crop rotations*. J. Soil Water Cons. 53:338–340.
- Derpsch, R., 2001. Conservation tillage, no-tillage and related technologies. Proceedings 1st World Congress on Conservation Agriculture. Madrid. Vol. 1, 161-170
- Ebelhar S.A., Rrye W.W., Blevins R.L. 1984. Nitrogen from legume cover crops for no-tillage corn. Agronomy Journal, 76:1, 51-55.
- Ehlers W., Kopke U., Hesse F., Bohm W. 1983. Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. Soil and Tilla Research, 3:3, 261-275.
- Erhart E., Burian K., Hartl W., Stich K., 1999. *Suppression of Pythium ultimum by biowaste composts in relation to compost microbial biomass, activity and content of phenolic compounds*. Journal of Phytopathology 147:299-305.
- Evans P.S. 1977. Comparative root morphology of some pasture grasses and clovers. New Zeland Journal of Agricultural Research, 20:3, 331-335.
- Ewing R.P., Wagger M.G, Denton H.P. 1991. Tillage and cover crop management effects on soil water and corn yield. Soil Science Society of America Journal, 55:4, 1081-1085.
- Fedrizzi, M., Servadio P. 2008. CRA – Unità di Ricerca di Ingegneria Agraria, Monterotondo. Proceedings Convegno Conservazione e fertilità del suolo, cambiamenti climatici e protezione del paesaggio. Roma
- Folorunso, O.A., Rolston, D. E., Prichard, T., Louie, D. 1992. Soil surface strength and infiltration rate as affected by winter cover crops. Soil Technology, 3:5, 189-

- Galindo, J.J. Abawi, G.S., Thurston, H.D. and Galvez, G. 1983. Source of inoculums and development of bean web blight in Costa Rica. *Plant Disease*, 67:9, 1016-1021.
- Groffman P.M., Hendrix P.F., Crossley D.A. Jr, 1987. Nitrogen dynamics in conventional and no-tillage agroecosystems with inorganic fertilizer or legume inputs. *Plant and Soil*, 97:3, 315-332.
- Hargrove W.L. 1986. Winter legumes as a nitrogen source for no-till grain sorghum. *Agronomy Journal*, 78:1, 70-74.
- Hartmann K.M., Nezadal W. 1990. Photocontrol of weeds without herbicides. *Naturwissenschaften*, 77:4 158-163.
- Heichel G.H., Helsel Z.R. 1987. Legume nitrogen: symbiotic fixation and recovery by subsequent crops. Energy in plant nutrition and pest control. *Energy in World Agriculture*, 2, 63-80.
- Hermawan, B., Bomke, A. A. 1997. Effects on winter cover crops and successive spring tillage on soil aggregation. *Soil and Tillage Research*, 44:1-2, 109-120.
- Hesterman O.B., Griffin T.S., Williams P.T., Harris G.H., Christenson D.A. 1992. *Journal of Production Agriculture*, 5:3, 340-348.
- Hoffman M.L., Weston L.A., Snyder J.C., Regnier E.E. 1996. Allelopathic influence of germinating seeds and seedlings of cover crops on weed species. *Weed Science*, 44:3, 579-584.
- Hoitink H.A.J., Boehm M.J., 1999. *Biocontrol within the context of soil microbial communities: a substrate-dependent phenomenon*. *Annual Review of Phytopathology* 37: 427- 446.
- Hoitink H.A.J., Boehm M.J., 1999. *Biocontrol within the context of soil microbial communities: a substrate-dependent phenomenon*. *Annual Review of Phytopathology* 37: 427- 446.
- Hoitink H.A.J., Inbar Y., Boehm M.J., 1991. *Status of compost-amended potting mixes naturally suppressive to soilborne diseases of floricultural crops*. *Plant Disease* 75: 869-873.
- Huntington T.G., Grove J.H., Frye W.W. 1985. Release and recovery of nitrogen from winter annual cover crops in no-till corn production. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 162:2, 193-211.
- Jung Allos H.F. and Bartholomew W.V. 1955. *Effect of available nitrogen on symbiotic*

- fixation*. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 19:182–184.
- Katan J., 1996. Soil solarization: integrated control aspects. In: Hall, R. (Ed.), Principles and Practice of Managing Soilborne Plant Pathogens. APS Press, St. Paul, Minnesota, pp. 250-278.
- Kuo S., Sainju U.M., Jellum E.J. 1995. Winter cover cropping influence on nitrogen in soil. Soil Science Society of American Journal, 61:5, 1392-1399.
- Ladd J.N., Amato M. 1986. The fate of nitrose from legume and fertilizer sources in soils successively cropped with wheat under field conditions. Soil Biology and Biochemistry, 18:4, 417-425.
- Ladd, J.N. 1986. The fate of nitrogen from legume and fertilizer sources in soils successively cropped with wheat un field conditions. Soil Biology and Biochemistry, 18:4, 417-425.
- Lahmar, R. 2005. Adoption of Conservation Agriculture in Europe. Lessons of the KASSA project.
- Lal, R. 2007. Constraints to adopting no-till farming in developing countries, in “Soil&Tillage Research”, vol. 94, n.1, pp. 1-3, Review of Phytopathology 26: 93-121.
- Lal, R., E. Regnier, D.J. Eckert, W.M. Edwards, and R. Hammond. 1991. *Expectations of cover crops for sustainable agriculture*. pp. 1–11. In: W.L. Hargrove (ed.) Cover Crops for Clean Water. SWCS. Ankeny, IA.
- Lal, R. 1997. *Land use and soil management effects on soil organic matter dynamics on Alfisols in Western Nigeria*. In: R Lal, J.M. Kimble, R.F. Follett, and B.A. Stewart. (eds.) Soil processes and the carbon cycle. CRC Press Boca Raton Fl.
- Lazarovits G., 2001. *Management of soil-borne plant pathogens with organic soil amendments: a disease control strategy salvaged from the past*. Canadian Journal of Plant Pathology 23: 1-7.
- Legg J.O., Meisenger J.J., Stevenson F.J. 1982. Soil nitrogen budgets. Nitrogen in Agricultural soils, 503-566.
- Lethbridge Research Centre. Lethbridge, Alberta, Canada.
- Litterick A.M., Harrier L., Wallace P., Watson C.A., Wood M., 2004. *The role of uncomposted materials, composts, manures, and compost extracts in reducing pest and disease incidence and severity in sustainable temperate agricultural and horticultural crop production: A review*. Critical Reviews in Plant Sciences 23: 453-479.

- Lockwood J.L., 1988. *Evolution of concepts associated with soilborne plant pathogens*. Annual Review of Phytopathology 26: 93-121.
- Lockwood J.L., 1990. *Relation of energy stress to behaviour of soilborne plant pathogens and to disease development*. In: Hornby D. (ed.), Biological Control of Soilborne Plant Pathogens, pp. 197-214. CAB International, Wallingford, UK.
- MacRae-RJ, Mehuys-GR, 1985. The effect of green manuring on the physical properties of temperat-area soils. Advances in Soil Science, 3:1, 1-94.
- Magid J., Henriksen O., Thorup-Kristensen K., Mueller T., 2001. *Disproportionately high N-mineralisation rates from green manures at low temperatures—implications for modelling and management in cool temperate agro-ecosystems*. Plant and Soil 228: 73-82.
- Manici L.M., Caputo F., Babini V., 2004. *Effect of green manure on Pythium spp. population and microbial communities in intensive cropping systems*. Plant and Soil 263: 133- 142.
- Marandola D., 2010. Conservation Agriculture in southern Italy: the AIPAS association and the “farm-research-school” network. Proceedings of the European Congress on Conservation Agriculture. pp 533-544
- Martin F.N., 2003. *Development of alternative strategies for management of soilborne pathogens currently controlled with methyl bromide*. Annual Review of Phytopathology 41: 325-350.
- Mazzola M., Granatstein D.M., Elfving D.C., Mullinix K., 2001. *Suppression of specific apple root pathogens by Brassica napus seed meal amendment regardless of glucosinolate content*. Phytopathology 91: 673-679.
- McCracken D.V., Smith M.S., Grove J.H., MacKown C.T., Blevins R.L., 1994. Nitrate leaching as influenced by cover cropping and nitrogen source. Soil Science Society of America Journal, 58:5, 1476-1483.
- McDonald B.A., Linde C., 2002. *Pathogen population genetics, evolutionary potential, and durable resistance*. Annual Review of Phytopathology 40: 349-379.
- Meisenger J.J., Hargrove W.L., Mikkelsen R.L., Williams J.R., Benson V.W. 1991. Effects of cover crops on groundwater quality. Cover crops for clean water: the proceedings of an international conference, West Tennessee Experiment Station, April 9-11, 1991 Jackson, Tennessee, 57-68.
- Mohler C.L., Tesdale J.R. 1993 Response of weed emergence to rate of Vicia villosa Roth and Secale cereale L. residue. Weed Research Oxford, 33:6, 487-499.

- Munawar A., Blevins R.L., Frye W.W., Saul M.R. 1990. Tillage and cover crop management for soil water conservation. *Journal*, 82:4, 773-777.
- Nelson W.A., Kahn B.A., Roberts B.W. 1991. Screening cover crops for use in conservation tillage systems for vegetables following spring plowing. *HortScience*, 26:7, 860-862.
- Noble R., Coventry E., 2005. *Suppression of soil-borne plant diseases with composts: a review*. *Biocontrol Science and Technology* 15: 3-20.
- Noble R., Roberts S.J., 2004. *Eradication of plant pathogens and nematodes during composting: a review*. *Plant Pathology* 53: 548-568.
- Nuntagij Janvier C., Villeneuve F., Alabouvette C., Edel-Hermann V., Mateille T., Steinberg C., 2007. *Soil health through soil disease suppression: Which strategy from descriptors to indicators?* *Soil Biology and Biochemistry* 39: 1-23.
- Pane, C. 2008. Tesi di Dottorato di Ricerca in Agrobiologia ed Agrochimica, XXI ciclo, Università di Napoli.
- Patrick Z.A., Toussoun T.A., 1965. Plant residues and organic amendments in relation to biological control. In: Baker F.K. and Snyder W.C. (eds) *Ecology of Soil-Borne Pathogens - Prelude to Biological Control*, pp. 440-459. University of California, Berkeley, CA, USA.
- Pisante, M. 2007. *Agricoltura Blu. La via italiana all'agricoltura conservativa*. Edagricole.
- Reicosky, D.C. and F. Forcella. 1998. *Cover crop and soil quality interactions in agroecosystems*. 53:224 –229.
- Roberson, E.B., Sarig, S. Firestone M.K. 1991. Cover crop management of polysaccharide-mediated aggregation in an orchard soil. *Soil Science Society of America Journal*. 55:3, 734-739.
- Roberson, E.B., Sarig, S. Firestone M.K. 1995. Nutritional management of microbial polysaccharide production and aggregation in an agricultural soil. *Soil Science Society of America Journal*. 59:6, 1587-1594.
- Ryckeboer J., 2001. *Biowaste and yard waste composts: microbiological and hygienic aspects-suppressiveness to plant diseases*. Ph.D. Thesis, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium.
- Sainju, U.M. Singh, B.P. 1997. Winter cover crops for sustainable agricultural systems: influence on soil properties, water quality and crop yields. *HortScience*, 32.1, 21-28.

- Sample, I, 2007. *Global food crisis looms as climate change and population growth*. Guardian 31.07.2007.
- Scheuerell S., Mahafee W., 2002. *Compost tea: principles and prospect for plant disease control*. Compost Science and Utilization 10: 313-338.
- Shennan, C. 1992. Cover crops, nitrogen cycling and soil proprieties in semi-irrigated vegetable production systems. HortScience, 27:7, 749-754.
- Staver, K.W. and R.B. Brinsfield. 1998. Using cereal grain winter cover crops to reduce groundwater nitrate contamination in the mid-Atlantic coastal plains. J. Soil Water Cons. 53:230 –240.
- Stirzaker R.J., White I. 1995. Amelioration of soil compaction by a cover crop for no-tillage lettuce production. Australian Journal of Agricultural Research, 46:3, 553-568.
- Stone A.G., Scheuerell S.J., Darby H.M., 2004. *Suppression of soilborne diseases in field agricultural systems*. In Soil organic matter in sustainable agriculture. (F. Magdoff & Weil, R. R., eds.), pp. 131- 178. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida.
- Teasdale J.R. 1996. Contribution of cover crops to weed management in sustainable agricultural systems. Journal of Prodction Agriculture, 9:4, 475-479.
- Teasdale J.R. 1996. Contribution of cover crops to weed management in sustainable agricultural systems. Journal of Production Agriculture, 9:4, 475-479.
- Teasdale J.R., Mohler C.L.1993. Light trasmittance, soil temperature and soil moisture under residue of hairy vetch and rye. Agronomy Journal, 85:3, 673-680.
- Tilston E.L., Pitt D., Groenhof A.C., 2002. *Composted recycled organic matter suppresses soil-borne diseases of field crops*. New Phytologist 154:731-740.
- Turbé, A. De Toni, A. Benito, P, Lavelle, P, Lavelle, P, Ruiz, N, Van der Putten, W. H., Labouze, E, and Mudgal, S..2010. *Soil biodiversity: functions, threats and tools for policy makers*. Bio Intelligence Service, IRD, and NIOO, Report for European Commission (DG Environment).
- Utomo M., Frye W.W., Blevins R.L. 1990. Sustaining soil nitrogen for corn using hairy vetch cover crop. Agronomy Journal, 82:5, 979-983.
- Wagger M.G. 1989. Cover crop management and nitrogen rate in relation to growth and yield of no-till corn. Agronomy Journal, 81:3, 533-538.
- Wagner R.C., Gillespie T.J., Swanton C.J. 1994. Rye cover crop management impact on soil water content, soil temperature and soybean growth. Canadian Journal of

Plant Science, 74.3, 485-495.

Weller D.M., Raaijmakers J.M., Gardener B.B.M., Thomashow L.S., 2002. *Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens.*

Annual Review of Phytopathology 40: 309-348.

Ye S.F., Yu J.Q., Peng J.H., Zheng J.H., Zou L.Y., 2004. *Incidence of Fusarium wilt in Cucumis sativus L. is promoted by cinnamic acid, an autotoxin in root exudates.* Plant and Soil 263: 143-150.

Zhang W., Dick W.A., Hoitink H.A.J., 1996. *Compost-induced systemic acquired resistance in cucumber to Pythium root rot and anthracnose.* Phytopathology 86: 1066-1070.

Zucconi, F. 1996. *Declino del Suolo e Stanchezza del Terreno.* Spazio Verde, Padova, Italy.

## Innesto erbaceo in orticoltura (Melenzana)

---

### 9.1 Scopo della ricerca

La melanzana occupa in Sicilia 2.411 ettari (Istat, 2009), di cui il 92% in pieno campo con impianti a partire dalla primavera per produzioni estive. In coltura protetta (194 ettari), viene trapiantata da settembre a novembre per una produzione precoce a partire da dicembre. La melanzana è specie a elevate esigenze termiche e luminose e la coltivazione in ambiente protetto non climatizzato non sempre soddisfa tali esigenze: la coltura in apprestamenti protettivi è spesso soggetta a condizioni di stress come l'intensità luminosa non sempre ottimale (Sciortino et al., 1980), l'elevata umidità e la bassa temperatura (Lee, 2003). Queste condizioni causano vari disturbi fisiologici con perdite di produzione spesso severe (Balliu et al., 2007); a queste si associano poi problemi patologici. In ambiente protetto, la rotazione delle colture è prevalentemente limitata a due sole famiglie botaniche (Solanacee e Cucurbitacee) la cui successione in tempi rapidi ha un effetto negativo sullo stato nutrizionale del suolo sia per l'assorbimento irregolare dei diversi nutrienti, sia per l'aumento della carica di patogeni (Oda, 2004), soprattutto funghi in grado di sopravvivere per un lungo periodo (Garber, 1973).

Le principali malattie di melanzane sono *Verticillium albo-atrum*, *Dahlia verticillium*, *Pyrenocheta lycopersici* e nematodi, che rappresentano oggi fattori limitanti per la coltivazione in serra, di difficile controllo con tecniche agronomiche standart (Trentini et al., 1996). Dove il ricorso alla monocoltura o a rotazioni strette è abbastanza comune, un'alternativa non chimica al controllo dei patogeni tellurici è l'innesto.

L'utilizzo di ortive innestate è aumentato negli ultimi dieci anni in serre e tunnel, a livello nazionale e mondiale, con lo scopo principale di migliorare



Foto 9.1. Il portainnesto *Solanum torvum*



l'adattamento delle piante a condizioni di stress (Leonardi e Romano, 2004). I portainnesti preferiti per la melanzana sono ibridi di pomodoro o pomodoro KVFN (resistenti a K = *Pyrenocheta lycopersici*; V = *Verticillium*; F = *Fusarium*; N = *nematodi*), ma alcune esperienze sull'innesto sono state condotte utilizzando specie tassonomicamente vicine, come per esempio il *Solanum torvum*, con buona vigoria e compatibilità ottimale (Foto 1). Questo 'parente selvatico' della melanzana, considerato come infestante in molte zone, è utilizzato soprattutto per il controllo di patologie fungine a carico dell'apparato radicale di pomodori e melanzane (Lee et al., 2005; Brand et al., 1995).

La tecnica dell'innesto migliora la resistenza delle colture a stress biotici (Padgett e Morrison, 1990) ma può essere anche un mezzo per il miglioramento della qualità delle produzioni (Martinez-Ballesta et al., 2008): a seconda del portainnesto selezionato, alcuni ortaggi ottenuti da piante innestate hanno fatto rilevare una qualità migliore di quella ottenuta da piante franco piede (Fernandez-Garcia et al., 2004).

Il frutto della melanzana, una bacca non climaterica di grandi dimensioni, presenta diverse dimensioni, forme e colori, in funzione della cultivar. Il tipo commercialmente più importante è la bacca viola e la sua colorazione dipende da antociani presenti nella buccia dei frutti. Le antocianine sono pigmenti contenuti nel vacuolo delle cellule vegetali (Timberlake, 1981) e appartengono ai flavonoidi fenolici (Vinson et al., 1998), un gruppo di potenti antiossidanti.

Estratti dalla buccia di melanzana hanno dimostrato una grande capacità nel bloccare i radicali liberi che possono danneggiare i lipidi, le proteine ed il DNA (Halliwell et al., 1995), nel sopprimere lo sviluppo dei vasi sanguigni necessari per la crescita dei tumori e delle metastasi (Matsubara et al., 2005) e nell'inibire l'infiammazione che può portare all'arterosclerosi (Han et al., 2003). I flavonoidi isolati da *S. melongena* hanno mostrato una potente attività antiossidante (Sudheesh et al., 1999; Sadilova et al., 2006) e il loro consumo nella dieta è associato ad un minor rischio di ictus (Keli et al., 1996), di cancro al polmone (Knekt et al., 1997) e di malattie cardiache (Knekt et al., 1996). Yang (2006) afferma che, tra 120 specie vegetali valutate per l'attività antiossidante con quattro diversi test (ABTS, DPPH, ILP e SOS), la melanzana si è classificata tra le prime 10 per capacità di inattivazione dei radicali liberi.

Studi precedenti hanno dimostrato che le condizioni ambientali e le tecniche di coltivazione possono influenzare il contenuto di composti fenolici e di minerali nella melanzana (Hanson et al., 2006; Russo, 1996; Savvas et al., 1996); inoltre, una relazione positiva è stata trovata tra l'utilizzo di piante innestate su portainnesti differenti e miglioramenti nella produzione e in diversi parametri qualitativi che includono i composti fitochimici, come quelli fenolici (Giorgi

et al., 2005).

Pertanto, l'obiettivo della ricerca è stato quello di confrontare le performance produttive e gli aspetti qualitativi di quattro cultivars di melanzana franco piede ed innestate su *Solanum torvum*.

## 9.2 Materiali e metodi

La ricerca è stata condotta nel corso del 2009/2010 nell'azienda sperimentale del Dipartimento AAT dell'Università degli Studi di Palermo, in una serra di polietilene non riscaldata di 576 m<sup>2</sup> (precessione colturale: fragola), sul terreno precedentemente solarizzato con film in PE verde (0,05 mm) per 64 giorni a partire dal 20 di luglio. Lo stesso film utilizzato per la solarizzazione è stato mantenuto come pacciamante durante il ciclo colturale. Piantine di melanzane sono state trapiantate il 23 ottobre a file distanti 1 m realizzando una densità di piantagione di 2,5 piante/m<sup>2</sup>.

È stato adottato uno schema sperimentale a parcella suddivisa con quattro repliche, di 32 piante ciascuna, ponendo come tesi di I ordine due tipi di piante (piante innestate su *Solanum torvum* e piante franco piede) e come tesi di II ordine quattro cultivars: *Birgah*, *Black Bell*, *Black Moon* e *Longo*, diverse per forma, colore e dimensione della bacca (Foto 9.2-9.5).



Varietà *Birgah*



Varietà *Black Bell*



Varietà *Black Moon*



Varietà *Longo*

La coltura è stata condotta adottando le pratiche colturali ritenute di prassi per la coltivazione di melanzana in serra: le piante sono state potate su tre steli sostenuti da fili di plastica laterali, posti orizzontalmente e distanziati tra loro 20 cm a partire da 80 cm dal livello del suolo, legati ai pali distribuiti lungo la fila. Ogni germoglio al di sotto della triforcazione degli steli è stato eliminato.

La quantità di unità fertilizzanti somministrate per fertirrigazione è stata calcolata sulla base

della asportazione teorica ( $\text{kg t}^{-1}$ ), delle produzioni attese e della dotazione di elementi minerali del suolo (Grignani *et al.*, 2003) ed è stata la seguente:  $250 \text{ kg ha}^{-1}$  di N,  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  di  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $250 \text{ kg ha}^{-1}$  di  $\text{K}_2\text{O}$ .

Settimanalmente i fiori sono stati trattati con un fitoregolatore auxinico contenente lo 0,1% di acido gibberellico. Durante il ciclo colturale, la temperatura atmosferica è stata registrata ogni ora tramite un data logger Mod. 175-T2 situato ad una altezza di 1,5 m dal suolo e posizionato al centro della serra.

La fase produttiva è iniziata il 20 dicembre 2009 ed è terminata il 6 maggio 2010. Sono stati rilevati i seguenti parametri: altezza piante a 30 e 60 giorni dal trapianto, numero di foglie a 45 giorni dal trapianto, altezza della triforcazione del fusto, contenuto di clorofilla delle foglie, produzione commerciabile e non commerciabile, numero e peso medio dei frutti commerciabili, percentuale di sopravvivenza delle piante al termine del ciclo produttivo, percentuale di sostanza secca di bacche, foglie e fusto, parametri colorimetrici della superficie del calice e delle bacche, imbrunimento della polpa, potenziale di ossidazione, contenuto in antociani, composti fenolici (TPC) e attività antiradicalica.

Il contenuto di clorofilla nelle foglie è stato rilevato con uno SPAD-502 meter (Minolta Camera Co., Ltd, Osaka, Giappone).

Il contenuto percentuale in sostanza secca di foglie e fusto è stata rilevato al termine del ciclo produttivo. La parte vegetale è stata raccolta, separata in fusto e foglie e seccata in forno termoventilato a  $65^\circ\text{C}$  per 48 ore, fino al raggiungimento di un peso costante. La sostanza secca delle bacche è stata rilevata in ogni raccolta ed i risultati sono espressi come media dei valori ottenuti.

I parametri colorimetrici sono stati rilevati con un colorimetro tristimolo Minolta Chroma CR-400.

Il colorimetro veniva calibrato su una piastrella bianca e

ricalibrato tra le misurazioni. I rilievi sono stati eseguiti sul calice e in due porzioni dell'epicarpo (porzione superiore e porzione inferiore) e sono state registrate le letture relative ai parametri  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  (CIELab).  $L^*$  è la distanza tra la chiaro ( $L^* = 100$ ) e scuro ( $L^* = 0$ ),  $a^*$  tra il verde ( $a^* = -50$ ) e rosso ( $a^* = 50$ ), e  $b^*$  tra il giallo ( $b^* = 50$ ) e blu ( $b^* = -50$ ) (Fig. 1). I parametri colorimetrici  $a^*$  e  $b^*$  sono stati trasformati in valori Chroma (che indica la saturazione o l'intensità del colore) e Hue angle (l'angolo di tinta) calcolati sulla base delle seguenti equazioni:

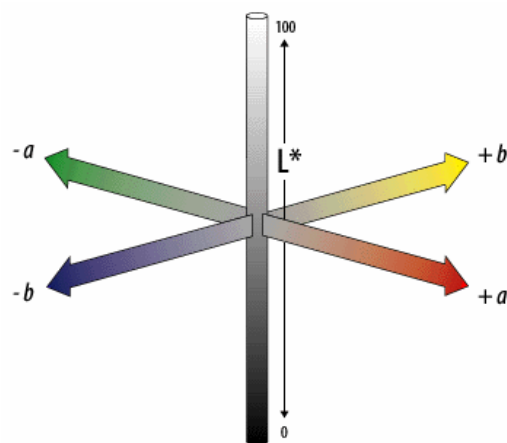


Fig. 9.1 – Modello delle coordinate CIELab

- Chroma  $\sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$ ;
- Hue angle (Hue°) =  $\tan^{-1}(b^* / a^*)$ .

Nella valutazione di H°, è stato utilizzato il criterio più ampiamente accettato a livello internazionale e consiste nell'assegnare l'angolo di 0° al semiasse +a\* (rosso), l'angolo di 90° al semiasse +b\* (giallo), l'angolo di 180° per il semiasse -a\* (verde) e l'angolo di 270° rispetto al semiasse -b\* (blu). Per facilitare i calcoli e le successive analisi matematiche, i valori di H° compresi tra 90° e 180° (II quadrante) e 270° e 360° (IV quadrante) sono stati considerati come negativi (ad esempio 120 ° è stato considerato come -60°, 346 ° come -14 °) (Bakker et al., 1986).

Hue° è l'angolo di una linea di partenza da un punto che arriva allo zero mentre Chroma è la lunghezza di tale linea (Figg. 9.2 9.3). Entrambi i parametri si riferiscono alla percezione umana del colore.

Hue° è l'attributo legato al colore percepito: rosso, giallo, verde e blu, o una combinazione di due di loro. Quando si parla di un colore solitamente ci si riferisce proprio a questo parametro.

L'esagono in Figura 9.4 mostra i sei colori principali, ognuno dei quali con un valore medio e un Chroma relativamente elevato. C'è un numero infinito di sfumature tra questi colori. Hue° è la caratteristica più

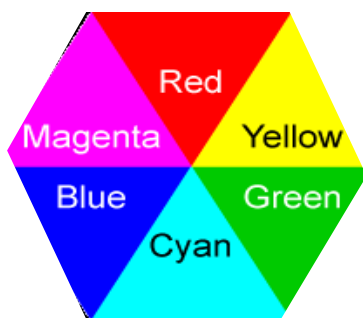


Fig.9.4 – Esagono dei principali colori

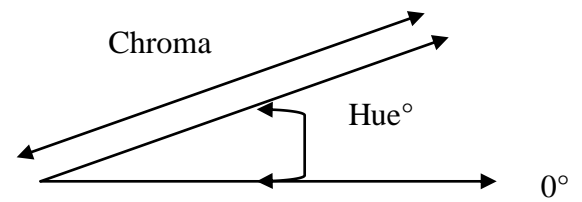


Fig.9.2 – Rappresentazione geometrica di Chroma e Hue°

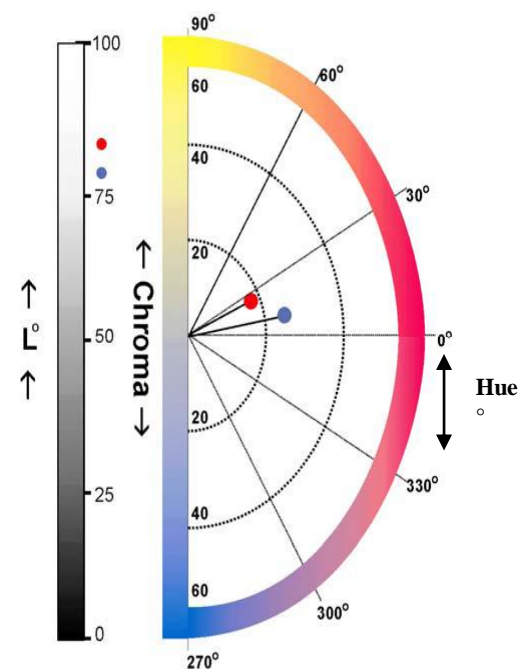


Fig. 9.3 – Rappresentazione geometrica di L\*, Chroma e Hue°

evidente di un colore. Per esempio, una gamma completa di tinte esiste tra il rosso e il giallo e nel mezzo di questa serie ci sono tutte le tonalità arancione. Allo stesso modo, vi è una gamma di tonalità tra qualsiasi altre due tonalità.

Chroma è definito come l'intensità cromatica di una superficie rispetto a un bianco puro.

La Figura 9.5 mostra scale di tonalità rosso, magenta e blu in una gamma di cromaticità, tutti

con valore medio.

Chroma è pertanto la purezza di un colore. Colori ad elevato Chroma sono ricchi e pieni, colori con basso Chroma risultano opachi e grigiastri. A volte il Chroma si definisce come saturazione di un colore.

Anche la Figura 9.6 mostra scale Chroma di rosso, magenta e blu, ma in un intervallo di valori basso. Il valore è la luminosità o la scurezza di un colore.

Il colorimetro è stato utilizzato anche per determinare la luminosità del colore della polpa tramite il parametro  $L^*$  (0 = nero e 100 = bianco). I frutti sono stati sezionati nella zona equatoriale e il colore della polpa è stato rapidamente misurato nel centro e nella sezione laterale. I risultati sono stati espressi come  $L_0$ .

Il potenziale di ossidazione è stato stimato con il metodo

Larrigaudiere, Lentheric, e Vendrell (1998), con piccole modifiche, come in parte suggerito da Concellòn et al., (2007). Su una sezione ottenuta come precedentemente descritto, il colore è stata misurato subito dopo il taglio ( $L_0$ ), dopo 30 minuti ( $L_{30}$ ) e dopo 60 minuti ( $L_{60}$ ). Il potenziale di ossidazione è stato espresso come:

- $\Delta L_{30} = (L_0 - L_{30})$
- $\Delta L_{60} = (L_0 - L_{60})$ .

I parametri colorimetrici ed il potenziale di ossidazione sono stati rilevati in tre frutti per trattamento ed i risultati sono espressi come media dei valori osservati.

Le analisi chimiche sono state condotte su un estratto preparato secondo una modifica del metodo descritto da Nisha et al. (2009). Una porzione di circa 100 g di melanzana delle due tipologie di piante e di ciascuna cultivar è stata ripulita e tagliata in pezzi di circa 1 cm<sup>3</sup>. L'estrazione, realizzata con il metanolo con il metodo di estrazione Soxhlet, è stata effettuata per 6 h. Gli estratti sono stati poi concentrati a 45 ° C con un Rotavapor e i residui sono stati portati a 20 ml e conservati in frigorifero.

Il contenuto totale di fenoli (TPC) è stato determinato usando il reagente di Folin-Ciocalteu ed espresso come equivalenti di acido gallico (GAE) (Singleton e Ross, 1965). Gli estratti sono stati concentrati a 45°C usando un evaporatore rotante (Rotavapor) ed il residuo risultante è stato portato a un volume finale di 20 ml e conservato in ambiente refrigerato sino ad essere impiegato per le successive analisi.



Fig. 9.5 – Gamma di cromaticità di rosso, magenta e blu (valore medio)



Fig. 9.6 – Gamma di cromaticità di rosso, magenta e blu (valore basso)

Per valutare l'attività antiossidante dei frutti di melanzana è stato valutato il contenuto di fenoli totale, il contenuto totale di antocianine e il potere antiradicalico (metodo DPPH).

Il contenuto totale di fenoli, espresso come equivalenti di acido gallico, è stato determinato seguendo il metodo riportato da Singleton e Rossi (1965). L'estratto è stato diluito con una soluzione di metanolo e acqua (40:60 v:v) sino ad una concentrazione adatta per l'analisi e vi sono stati aggiunti 0,5 ml di reagente commerciale di Folin-Ciocalteu. Il campione è stato miscelato e mantenuto per 5 minuti a temperatura ambiente prima di aggiungere 1 ml di una soluzione acquosa al 20% di carbonato di sodio. Dopo un incubazione di 90 minuti a temperatura ambiente, è stata misurata, mediante uno spettrofotometro UV Beckman DU 640, l'assorbanza a 760 nm rispetto al campione privo di estratto ed il risultato è stato espresso in equivalenti di acido gallico del campione ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$  di peso fresco).

La misura del contenuto di antocianine totali è stata effettuata secondo il metodo descritto da Fuleky e Francis (1968) e Lee et al. (2005), modificato per la seguente ricerca. Per ogni estratto sono state preparate due diluizioni, una a pH 1,0 con una soluzione tampone di cloruro di potassio (0,03 M) e l'altra a pH 4,5 usando una soluzione tampone di acetato di sodio (0,4 M). L'assorbanza di ogni diluizione è stata misurata a 520 nm contro un bianco di acqua distillata. Le soluzioni risultavano limpide e prive di sedimenti per cui la correzione a 700 nm non è stata necessaria. La concentrazione ( $\text{mg/l}$ ) di antocianine espressa come equivalenti di Cyanidina-3-glucoside (Cy-3-glc) è stata calcolata seguendo la formula:

$$- \text{Concentrazione (mg l}^{-1}\text{) di ogni antocianina} = A \times MW \times DF \times 10^3 / \Sigma \times L$$

dove A è l'assorbanza = (A a pH 1,0 - A a pH 4,5), MW è il peso molecolare ( $\text{g/mol}$ ) = 449,2 per Cy-3-glc, DF è il fattore di diluizione usato,  $\Sigma$  è il coefficiente di estinzione ( $\text{L} \times \text{cm}^{-1} \times \text{mol}^{-1}$ ) = 26900 per Cy-3-glc, dove L (path length in cm) = 1.

Il potere antiradicalico degli estratti di melanzana è stato determinato secondo il metodo riportato da Brand Williams et al. (1995), usando il radicale 2,2-difenil-1-picrilidrazolo (DPPH). Il DPPH è un radicale libero di colore viola. Gli antiossidanti presenti nel campione neutralizzano i radicali liberi cambiandone il colore in giallo. Il cambio di colore da viola a giallo è proporzionale all'attività antiradicalica. L'analisi è stata effettuata miscelando 3 ml di una soluzione 0,1 mM di DPPH in etanolo ed 1,5 ml di estratto e lasciando incubare per 30 minuti a temperatura ambiente. La riduzione dell'assorbanza è stata misurata con spettrofotometro a 517 nm. La percentuale di attività antiradicalica (Q) è stata calcolata secondo la formula:

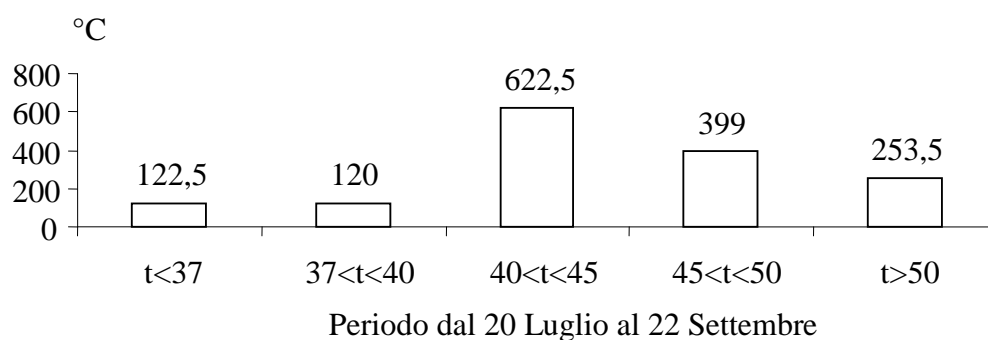
$$Q = [(Ac - As)/Ac] \times 100$$

che esprime la percentuale di riduzione del DPPH dovuta alla neutralizzazione da parte dell'estratto di melanzana, dove Ac è l'assorbanza del controllo (privo di estratto) e As è l'assorbanza del campione. I risultati sono stati sottoposti all'analisi della varianza ed alle medie è stato applicato il test di Duncan.

### 9.3 Risultati e discussione

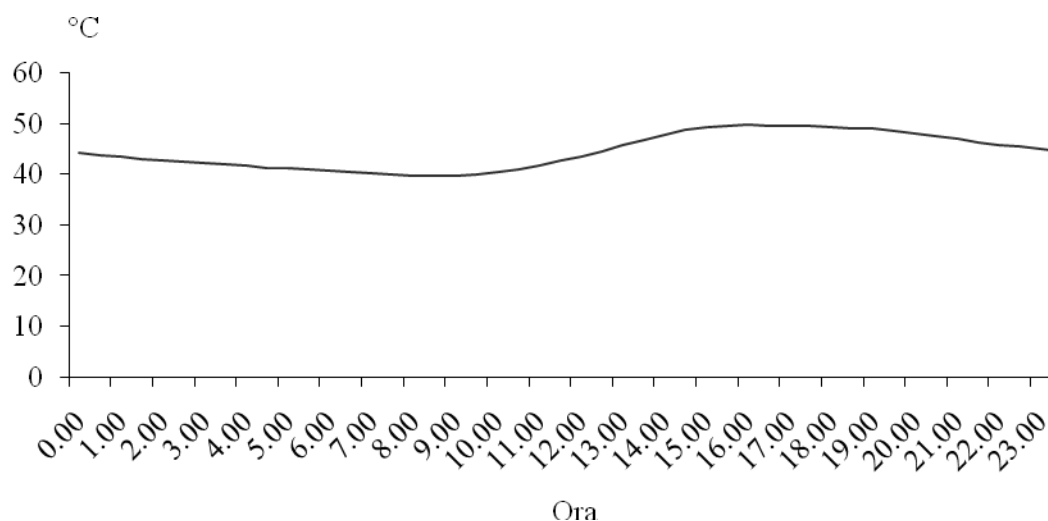
Durante la solarizzazione che ha preceduto l'impianto, le temperature del suolo sono state continuamente monitorate a 15 cm di profondità e registrate ogni 30 minuti, utilizzando un data-logger Testo mod. 175-T2. Al fine di valutare l'efficacia della solarizzazione per il controllo degli agenti patogeni del terreno, sono stati calcolati istogrammi del numero di ore in cui la temperatura del suolo a 15 cm di profondità si è mantenuta su valori soglia ritenuti letali (Pullman et al., 1981; Cartia e Asaro, 1994; Bollen, 1985).

Il numero di ore in cui la temperatura del terreno è salita a 50 ° C a 15 cm di profondità sotto la pellicola di plastica sono riportati in Figura 9.7 e corrispondono a più di 10 giorni, un periodo di esposizione considerato letale per la maggior parte dei patogeni fungini (Pullman et al., 1981; Cartia e Asaro, 1994; Bollen, 1985). La temperatura media oraria del suolo era quasi costantemente oltre i 40 ° C, soprattutto dopo le ore 13.00 (Figura 9.8).



**Figura 9.7 - Istogrammi del numero di ore in cui la temperatura del terreno alla profondità di 15 cm ha superato determinati valori soglia**

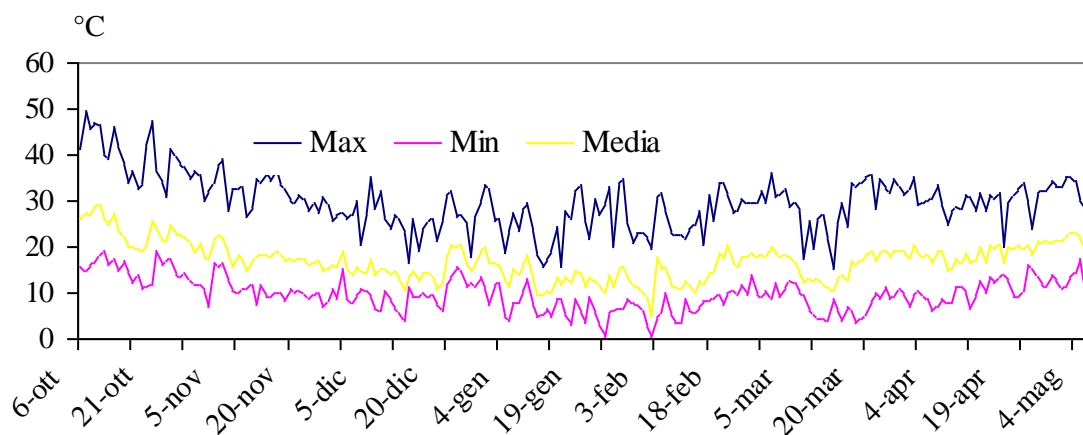




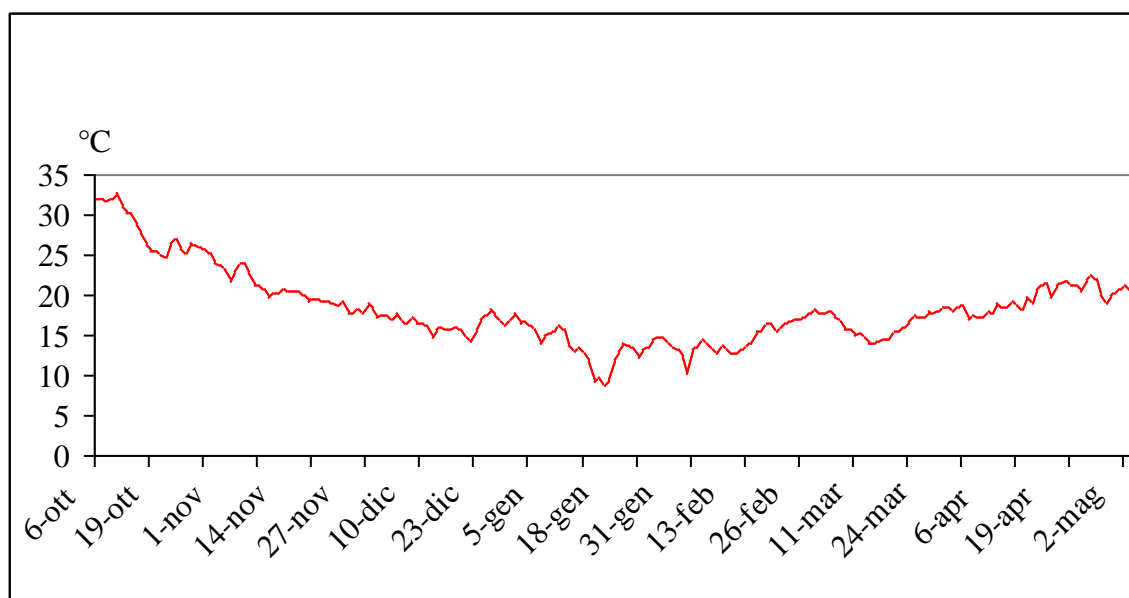
**Figura 9.8 – Temperatura media oraria**

Le temperature più favorevoli per l'accrescimento e per lo sviluppo della melanzana si collocano tra i 16 °C (soglia limite inferiore) ed i 25 °C (soglia limite superiore), mentre l'optimum per l'accrescimento delle radici si aggira sui 18 °C (Bianco e Pimpini, 1990).

Le condizioni termiche all'interno dell'apprestamento protettivo non sempre sono state ottimali: la temperatura minima dell'aria, dal trapianto fino alla fine del ciclo produttivo, è stata quasi sempre al di sotto dei 16 °C ritenuti la soglia limite inferiore, mentre da gennaio la temperatura massima è stata spesso al di sopra della soglia limite superiore (Figura 9.9). Da novembre a marzo anche la temperatura a livello radicale è stata al di sotto dei 18 °C ritenuti ottimali per l'accrescimento (Figura 9.10).



**Figura 9.9 – Andamento della temperatura dell'aria**



**Figura 9.10 - Andamento della temperatura del suolo a 15 cm di profondità**

Le piante innestate hanno mostrato un certo ritardo nello sviluppo vegetativo rispetto le piante franco piede, in contrasto con i risultati riportati da Riviera et al., (2003) secondo cui proprio nelle piante innestate si osserva un maggiore vigore vegetativo, esplicabile grazie ad un diverso e migliore apparato radicale capace di un più elevato assorbimento di acqua e di elementi nutritivi.

Nel primo periodo di coltivazione le piante innestate hanno fatto rilevare un'altezza inferiore, una maggiore altezza della triforcazione ed un minor numero di foglie (Tab. 9.1).

**Tabella 9.1 - Effetto del tipo di piante e delle cultivars su altezza delle piante a 30 e a 60 giorni dal trapianto, altezza triforcazione, numero di foglie a 45 giorni dal trapianto, contenuto di clorofilla delle foglie .**

<i>Tipo di piante</i>	Altezza delle piante dal trapianto a :		Altezza triforcazione (cm)	N foglie a 45 gg dal trapianto (n°)	Clorofilla fogliare (SPAD)
	30 gg (cm)	60 gg (cm)			
Piante innestate	16,0 b	60,0 b	28,0 a	6,0 b	45,4 a
Piante franco piede	20,0 a	69,0 a	24,0 b	8,6 a	45,3 a
<i>Cultivars</i>					
Birgah	16,7 b	64,4 ab	28,4 a	7,1 a	43,5 b
Black Bell	17,5 b	62,5 b	25,4 ab	7,5 a	46,6 a
Black Moon	19,0 a	62,0 b	24,8 b	7,3 a	44,2 b
Longo	20,0 a	69,0 a	26,8 ab	7,4 a	47,1 a
Interazione	*	*	*	*	*

I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (test di Duncan)

\* Significatività per  $P \leq 0,05$

Differenze statisticamente significative sono state rilevate anche in funzione delle cultivars: in particolare *Longo* si differenzia per una maggiore altezza delle piante (69 cm a 60 giorni da trapianto), *Birgah* per una più elevata altezza nell'impalcatura della triforcazione (28,4 cm) mentre nessuna differenza apprezzabile è stata rilevata per ciò che attiene il numero di foglie per pianta.

Per questo ultimo parametro, è interessante rilevare un'interazione significativa tipo di piante x cultivar: a 45 giorni dal trapianto le piante franco piede presentavano mediamente 4 foglie per pianta in più rispetto le piante innestate.

Nessuna differenza statisticamente significativa è stata osservata sul contenuto di clorofilla delle foglie di piante innestate e non, mentre tra le cultivars, *Black Bell* e *Longo* si sono distinte positivamente.

L'innesto non ha esercitato alcuna influenza sulla produzione di frutti commerciabili (in media  $4 \text{ kg m}^{-2}$ ), mentre le differenze tra le cultivars sono state statisticamente significative. *Longo* è stata la più produttiva con  $5,6 \text{ kg m}^{-2}$ , al contrario la produzione più modesta è stata osservata con *Birgah* ( $3,0 \text{ kg m}^{-2}$ ) (Tabella 9.2). Anche l'interazione tipo di piante x cultivar è stata significativa e mette in evidenza una diversa adattabilità delle quattro cultivars al portainnesto. *Black Moon* e *Black Bell* hanno ridotto la produzione del 13% quando innestate, *Birgah* del 25%, mentre *Longo* ha fornito gli stessi risultati utilizzando piante innestate o franco piede, in contrasto con quanto affermato da Yamakawa (1981) che cioè il *S. torvum*

utilizzato come portainnesto per le melanzane, induce ‘sempre’ una più alta produttività.

**Tabella 9.2 - Effetto del tipo di pianta e delle cultivars su produzione commerciabile ( $\text{kg m}^{-2}$ ), produzione non commerciabile (%), peso medio (g) delle bacche commerciabili, numero di frutti per pianta e percentuale di sopravvivenza a fine ciclo.**

	Produzione commerciabile	Produzione non commerciabile	Peso medio	N° frutti/pianta	Quota di sopravvivenza
<i>Tipo di piante</i>	( $\text{kg m}^{-2}$ )	(%)	(g)	(n/pianta)	(%)
Piante innestate	3,8 a	19,2 a	274,2 a	6,26 a	97,3 a
Piante franco piede	4,3 a	10,9 b	245,8 a	7,57 a	91,4 b
<i>Cultivars</i>					
Birgah	3,0 c	20,7 a	321,8 a	3,8 c	93,7 a
Black Bell	3,1 c	23,0 a	243,4 c	5,2 bc	97,6 a
Black Moon	4,7 b	8,0 b	290,6 b	6,5 bc	92,1 a
Longo	5,6 a	8,2 b	184,1 d	12,3 a	93,7 a
Interazione	*	*	*	*	*

I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (test di Duncan)

\* Significatività per  $P \leq 0,05$

Inoltre, un sensibile aumento della produzione di bacche non commerciabili è stato osservato nelle piante innestate e, anche in questo caso, differenze significative sono state riscontrate tra le cultivars: *Black Moon* e *Longo* hanno fatto osservare modeste percentuali di produzione invendibile (circa l'8%). L'interazione tipo di pianta x cultivar è stata statisticamente significativa all'analisi della varianza: quasi il 30% della produzione di *Birgah* e *Black Bell* innestate su *S. torvum* risulta non commerciabile, mentre per le stesse cultivars le percentuali si riducono al 15% con piante non innestate. *Longo* ha dimostrato un migliore adattamento al portainnesto: le piante innestate di questa cultivar sono state le più produttive con soltanto il 5,4% di frutti non commerciabili (Tabella 9.2).

Il peso medio dei frutti non è stato influenzato dal tipo di pianta: la differenza tra pezzatura delle bacche di piante innestate su *S. torvum* e piante franco piede non è stata significativa all'analisi della varianza (in media 260 g). Era però prevedibile una differenza significativa tra le cultivars che differiscono per forma e dimensione delle bacche. *Birgah*, caratterizzata da frutti di grandi dimensioni, ha dato il più alto peso medio dei frutti (321,8 g), mentre *Longo*, caratterizzata da bacche di forma allungata e di più modeste dimensioni ha fatto rilevare una pezzatura di 184,1 g. L'interazione di tipo di pianta x cultivar è stata significativa: un aumento medio di 30 g per frutto è stato osservato utilizzando piante innestate di *Birgah*, *Black Bell* e *Black Moon*, mentre il peso dei frutti della *Longo* è stato analogo sia ricorrendo a piante innestate sia ricorrendo a piante franco piede.

Il numero di bacche per pianta non è stato influenzato dalla tipologia di pianta utilizzata e sono stati rilevati in media 7 frutti/pianta, mentre differenze statisticamente significative sono

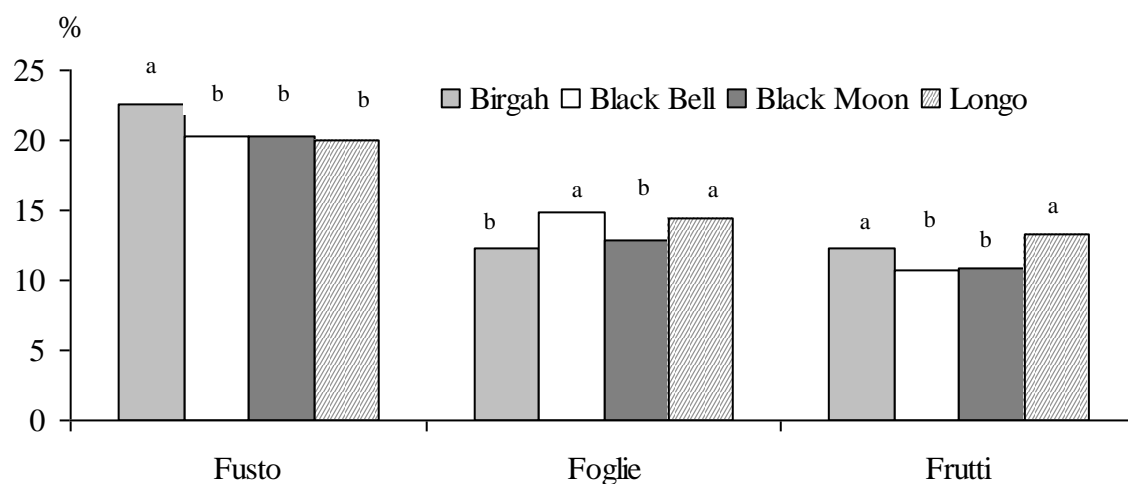
state osservate tra le cultivars. *Longo* ha prodotto oltre 12 frutti/pianta, senza alcuna differenza tra le piante innestate e quelle franco piede, mentre un aumento medio di 1,5 frutti/pianta è stato registrato con le piante non innestate delle altre cultivars in prova.

A fine ciclo colturale il tasso di sopravvivenza delle piante è stato significativamente influenzato dalla tipologia di pianta adottata: la quota di sopravvivenza delle piante è stata superiore al 97% con le piante innestate ed al di sotto del 92% con quelle non innestate. Nessuna differenza statisticamente apprezzabile è stata trovata tra le cultivars. Per ciò che riguarda l'interazione, risultata anch'essa significativa, un generale aumento della percentuale di sopravvivenza è stato osservato con le piante innestate, in particolare con *Black Moon* e *Longo*. Per queste ultime cultivars la percentuale di sopravvivenza è passata dal 98% all'85% rispettivamente per le piante innestate e per quelle franco piede.

La tipologia di pianta non ha avuto alcun effetto sul contenuto di sostanza secca rilevata sul fusto (in media  $20,7 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ), mentre differenze significative sono state riscontrate per effetto delle cultivars (Figura 9.11). Anche l'interazione tipologia di pianta x cultivar è risultata significativa: si è osservata una generale diminuzione della sostanza secca del fusto passando dalle piante innestate (in media  $21 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) a quelle franco piede (in media  $19,5 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) fatta eccezione per *Birgah* che ha fatto osservare un valore di  $21,7 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  di sostanza secca per le piante innestate e di  $23,5 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  per le piante franco piede.

Anche il contenuto di sostanza secca delle foglie non è stato influenzato dalla tipologia di pianta quanto piuttosto dalle cultivars in prova: si sono distinte positivamente *Black Bell* e *Longo* (in media  $14,8 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ). L'interazione è risultata statisticamente significativa: *Black Bell* e *Longo* hanno prodotto foglie con un maggiore contenuto di sostanza secca quando innestate (in media  $15,8 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ), mentre *Birgah* ha fornito valori analoghi sia con piante innestate che franco piede (in media  $12,5 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ). La tipologia di pianta, innestata o franco piede, non ha avuto alcuna influenza sul contenuto di sostanza secca delle bacche (in media  $11,8 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) mentre tra le cultivars in prova si sono distinte positivamente *Birgah* e *Longo* (in media  $12,5 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) (Graf. 5). L'interazione tipologia di pianta x cultivar è risultata significativa: le bacche fornite da *Black Moon* e da *Longo* hanno fatto rilevare un contenuto in sostanza secca rispettivamente di  $10,9 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  e  $13,1 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ , senza differenze tra piante innestate e franco piede; *Birgah* produce bacche con un maggiore contenuto in sostanza secca ( $13,4 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) quando innestata, mentre comportamento contrario ha fatto rilevare *Black Bell*.

Graf 5- Sostanza secca dei diversi organi vegetali (%)



I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (test di Duncan)

**Figura 9.11 – Sostanza secca dei diversi organi vegetali (%)**

Le caratteristiche cromatiche delle bacche sono riportati in Tabella 9.3.

Per quanto riguarda il calice, non sono state trovate differenze cromatiche statisticamente significative in funzione della tipologia di piante e delle cultivars, con l'eccezione di *Birgah*, che ha presentato più bassi valori positivi di  $L^*$  e  $b^*$  e un più alto valore negativo di  $a^*$  rispetto le altre cultivars. Per i suddetti parametri, anche l'interazione tipologia di pianta x cultivar è risultata significativa: *Birgah* quando non innestata su *S. torvum* fa rilevare valori positivi più elevati di  $L^*$  ( $L^* = 37,1$ ) e  $b^*$  ( $b^* = 15,6$ ) e valori negativi più modesti di  $a^*$  ( $a^* = -2,6$ ) in confronto con il calice di bacche da piante innestate ( $L^* = 17,1$ ;  $a^* = -7,1$ ;  $b^* = 7$ ), il che significa calice con componenti cromatiche più chiare tendenti più al verde ed al giallo rispetto alle altre cultivars.

**Tabella 9.3 - Effetto del tipo di pianta e delle cultivars sulle caratteristiche cromatiche rilevate e calcolate delle bacche**

	$L^*$	$a^*$	$b^*$	Chroma	Hue angle
<b>CALICE</b>					
<i>Tipo di piante</i>					
Piante innestate	42,5 a	-12,5 a	22,7 a	26,0 a	-53,2 a
Piante franco piede	46,1 a	-13,3 a	23,9 a	27,4 a	-61,6 a
<i>Cultivars</i>					
Birgah	27,1 b	-4,8 a	11,3 b	12,4 b	-48,5 a
Black Bell	50,0 a	-15,9 b	28,1 a	32,3 a	-60,5 a
Black Moon	50,7 a	-15,0 b	26,6 a	30,5 a	-60,6 a
Longo	49,5 a	-15,8 b	27,3 a	31,5 a	-60,0 a
Interazione	*	*	*	*	n.s.

Nessuna differenza statisticamente significativa è stata osservata per i valori Hue angle, sempre negativi, mentre le differenze rilevate in funzione della cultivar nei parametri  $a^*$  e  $b^*$  hanno portato a differenze significative nel Chroma calcolato. La *Birgah* presenta valori di Chroma del calice significativamente inferiori rispetto le altre cultivars; la diversa intensità cromatica era peraltro prevedibile e visibile ad occhio nudo. Anche l'interazione è risultata statisticamente significativa: il calice delle bacche di piante di *Birgah* innestate mostra un'intensità cromatica inferiore (Chroma = 7,65) rispetto i frutti di piante non innestate (Chroma = 17,2).

L'epicarpo del frutto nella sezione superiore e quella inferiore ha mostrato variazioni di colore. I valori di  $L^*$  erano più alti con le piante non innestate, sia nella porzione superiore che in quella inferiore dove è stata osservata una colorazione intensa. Per quanto riguarda le cultivars, il parametro  $L^*$  non ha mostrato differenze statisticamente significative nella sezione superiore (in media  $L^* = 25$ ), mentre nella porzione inferiore, i frutti di *Birgah* risultavano più chiari.

L'interazione tipologia di pianta x cultivar è risultata significativa all'analisi della varianza, sia nella porzione superiore delle bacche che in quella inferiore. In particolare, le bacche di *Birgah* innestate hanno fatto rilevare un valore  $L^* = 12,5$  nella sezione superiore ed un valore di  $L^* = 22,6$  in quella inferiore, mentre gli stessi parametri si sono mantenuti su valori di  $L^* = 29,3$  (porzione superiore) e  $L^* = 52,3$  (porzione inferiore) nelle bacche ottenute da piante franco piede. Ciò significa che, tra le caratteristiche cromatiche, la luminosità dell'epicarpo della cv *Birgah* risente notevolmente dell'influenza del *S. torvum* quale portainnesto.

Per i parametri  $a^*$  e  $b^*$  sono state riscontrate differenze significative tra le cultivars, mentre valori simili sono stati osservati in funzione della tipologia di pianta, fatta eccezione della parte superiore dell'epicarpo che ha mostrato un più alto valore di  $a^*$  per le piante franco piede ( $a^* = 8,3$ ). Tra le cultivars si sono distinte *Birgah* e *Longo*: la prima per aver fatto rilevare un valore  $a^* = 10,3$  e  $b^* = -1,0$  nella porzione superiore dell'epicarpo e un valore  $b^* = 4,6$  in quella inferiore, mentre *Longo* ha fatto osservare il più alto valore  $b^* = 1,2$  nell'epicarpo superiore e  $a^* = 9,0$  in quello inferiore.

Anche i valori di Chroma nella parte superiore delle bacche ottenute da piante franco piede sono risultati superiori rispetto quelli rilevati sulle piante innestate (rispettivamente con valori di 8,3 e 5,8), mentre nessuna differenza statisticamente significativa è stata rilevata nella sezione inferiore (in media Chroma = 8,1). Per quanto riguarda le cultivars, il valore Chroma è stato maggiore con *Birgah* in entrambe le sezioni (in media Chroma = 10,5), mentre valori più modesti sono stati rilevati con *Black Moon* (in media 4,6 nelle due porzioni). L'interazione

tipologia di pianta x cultivar è risultata significativa e, anche in questo caso le maggiori differenze sono state rilevate in *Birgah*: le bacche raccolte da piante innestate di questa cultivar fanno osservare un'intensità cromatica notevolmente inferiore rispetto (in media Chroma = 6,8) i frutti ottenuti da piante franco piede (Chroma = 14,0), mentre per le altre cultivars le differenze non sono così rilevanti. In definitiva, l'innesto su *S. torvum* non modifica la saturazione del colore delle bacche per le cultivars in prova fatta eccezione per *Birgah* che, se innestata, produce bacche di colore 'meno puro', meno intenso.

I valori del parametro Hue° sono stati simili e, pertanto, non sono state rilevate differenze statisticamente significative all'analisi della varianza; l'unica differenza significativa è stata osservata nella parte superiore dell'epicarpo delle bacche di *Birgah* (Hue° = -7,0). I valori di L<sub>0</sub> rilevati sulla polpa di fette trasversali appena ottenute sono stati simili nelle bacche prodotte da piante innestate e franco piede, con valori prossimi a 85 nella porzione centrale e 83 in quella laterale, mentre differenze significative sono state rilevate tra le cultivars in prova. In particolare *Birgah* fa rilevare una polpa più bianca sia centralmente (L<sub>0</sub> = 87,7) che lateralmente (L<sub>0</sub> = 84,8), mentre il valore più modesto è stato osservato su frutti di *Longo* (L<sub>0</sub> = 81,6 nella porzione centrale e L<sub>0</sub> = 82,0 in quella laterale) (Tabella 9.4).

**Tabella 9.4 - Effetto del tipo di pianta e delle cultivar sulle caratteristiche della polpa e sul potenziale di ossidazione ( $\Delta L_{30}$  dopo 30 minuti -  $\Delta L_{60}$  dopo 60 minuti)**

	L <sub>0</sub>		$\Delta L_{30}$		$\Delta L_{60}$	
	Porzione centrale	Porzione laterale	Porzione centrale	Porzione laterale	Porzione centrale	Porzione laterale
<i>Tipo di piante</i>						
Piante innestate	84,6 a	83,6 a	0,9 a	2,3 a	1,3 a	4,1 a
Piante franco piede	84,6 a	83,1 a	1,2 a	2,6 a	1,8 a	3,9 a
<i>Cultivars</i>						
Birgah	87,7 a	84,8 a	0,7 a	1,1 b	1,5 a	2,8 b
Black Bell	84,2 b	83,1 b	1,2 a	3,2 a	1,6 a	4,7 a
Black Moon	85,0 b	83,4 b	0,9 a	3,1 a	1,1 a	4,7 a
Longo	81,7 c	82,0 c	1,4 a	2,3 ab	1,8 a	3,8 ab
Interazione	*	*	n.s.	*	*	*

I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (test di Duncan)

\* Significatività per  $P \leq 0,05$

Dopo 30 minuti il potenziale di ossidazione è stato più importante nella sezione laterale, senza differenze statisticamente significative in funzione della tipologia di pianta. Per quanto riguarda le cultivars, una ossidazione più grave della polpa è stata osservata nella sezione laterale di *Black Bell* e *Black Moon* e una tendenza analoga si è osservata anche dopo 60



minuti. *Birgah* è la cultivar che si ossida meno lateralmente.

La Tabella 9.5 fornisce i risultati sul contenuto fenolico totale, contenuto di antocianina e potere antiradicalico (DPPH) in funzione del tipo di pianta e delle cultivars.

L'uso o meno di piante di *S. torvum* come portainnesto per le varietà di melanzana ha determinato variazioni significative sul contenuto totale di fenoli dei frutti: si sono positivamente distinte le piante franco piede con un valore di 60,65 mg 100 g<sup>-1</sup> p.f..

Il contenuto di fenoli totali (Tab.9.5) è risultato più elevato nella *Black Moon* (81,89 mg 100 g<sup>-1</sup> p.f.) rispetto una media di 49,55 mg 100g<sup>-1</sup> p.f. delle altre cultivars.

La tipologia di pianta non ha avuto alcuna influenza sul contenuto di antocianine nei frutti, che è risultato leggermente più elevato in quelli provenienti da piante innestate su *S. torvum* (0,417 mg 100 g<sup>-1</sup> p.f.).

I frutti della varietà *Black Moon*, caratterizzati da una colorazione viola scuro uniforme su tutto il frutto, sono risultati quelli con il contenuto più alto di antocianine (0,429 mg 100 g<sup>-1</sup> p.f.), tuttavia senza alcuna differenza statisticamente significative all'analisi della varianza con le altre cultivars in prova.

Anche il potere antiradicalico non ha risentito dell'influenza della tipologia di pianta e delle cultivars, e non sono state rilevate differenze significative.

Il potere antiradicalico degli estratti di melanzana è risultato piuttosto alto, circa l'82% del radicale DPPH del sistema veniva neutralizzato dagli antiossidanti presenti nei differenti campioni indipendentemente dalla varietà o dal tipo di pianta impiegato.

**Tabella 9.5 - Effetto del tipo di pianta e delle cultivar sul contenuto fenolico totale, contenuto di antocianina e potere antiradicalico (DPPH) delle bacche**

	Fenoli totali (mg 100 g <sup>-1</sup> p.f.)	Antociani (mg 100 g <sup>-1</sup> p.f.)	DPPH (%)
<i>Tipo di pianta</i>			
Piante innestate	54,63 b	0,417 a	81,65 a
Piante franco piede	60,65 a	0,400 a	81,98 a
<i>Cultivars</i>			
Birgah	50,51 bc	0,390 a	82,61 a
Black Bell	53,95 b	0,403 a	80,94 a
Black Moon	81,89 a	0,429 a	82,34 a
Longo	44,21 c	0,385 a	81,37 a
Interazione	n.s.	n.s.	n.s.

I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (test di Duncan)

\* Significatività per  $P \leq 0,05$

## 9.4 Conclusioni

Il *Solanum torvum* è considerato dalla bibliografia internazionale uno dei migliori portainnesti per la melanzana: rustico, vigoroso, resistente, di ottima compatibilità all'innesto. Ma il comportamento delle diverse cultivars quando innestate su *S. torvum* non è stato ancora sufficientemente dibattuto e le informazioni sui miglioramenti in termini produttivi e qualitativi della melanzana innestata sono spesso contrastanti. Çürük *et al.* (2005) affermano che l'influenza del materiale innestato sulla qualità dei frutti è specificatamente dovuta al rapporto nesto/portainnesto: ad esempio, la qualità dei frutti a seguito dell'innesto rimane inalterata in alcuni studi (Nisini *et al.*, 2002; Bletsos *et al.*, 2003), mentre risente di un effetto negativo in altri (Lee, 1994; Nisini *et al.*, 2002). Risultati contrastanti sono stati riportati proprio per la melanzana (Bletsos *et al.*, 2003).

Dalla ricerca in esame condotta in serra fredda, che certo non consente espressioni produttive ottimali, è emersa una modesta influenza del portainnesto ed un prevedibile diverso comportamento delle cultivars.

L'innesto su *S. torvum* non modifica sostanzialmente la produzione, il peso medio delle bacche commerciabili, il numero di bacche per pianta, il contenuto di sostanza secca dei

diversi organi vegetali (fusto, foglie, bacche) o le caratteristiche cromatiche di calice, epicarpo e polpa. Pertanto, in accordo con quanto sostenuto da Çürük *et al.*, (2005), la crescita vegetativa, la produzione e la qualità della melanzana innestata dipendono dalle caratteristiche delle cultivar. I risultati della presente ricerca dimostrano che la mortalità si riduce con l'uso di piante innestate su *S. torvum* ma, a fronte di una maggiore resistenza a stress biotici ed abiotici (manifesta percentuali di mortalità del solo 2,7%), le piante innestate hanno fatto registrare un incremento dell'8% del prodotto di scarto ed un minore contenuto di fenoli totali delle bacche. L'effetto delle cultivars in prova sui parametri qualitativi e produttivi rilevati è stata molto più marcata rispetto all'influenza del portainnesto. *Longo* e subordinatamente *Black Moon* hanno fornito le più elevate produzioni e le minori percentuali di prodotto di scarto. Queste cultivars sono state poco influenzate dal portainnesto mentre *Birgah* e *Black Bell*, se innestate, producono meno a causa di un aumento della produzione di frutti non commerciabili. Per quanto riguarda gli aspetti qualitativi, l'innesto su *S. torvum* non cambia la saturazione del colore delle bacche, con l'eccezione di *Birgah* che, se innestata, produce frutti di colore meno intenso. Anche l'ossidazione della polpa non risulta influenzata dal portainnesto, ma dipende dalle cultivars, mentre il contenuto totale di fenoli è maggiore nelle piante innestate.

In conclusione, l'uso del *S. torvum* come portainnesto per la melanzana consente sempre una maggiore protezione contro le infezioni da agenti patogeni tellurici, mentre i risultati produttivi e qualitativi dipendono dalle cultivars: qualche volta e per alcune cultivars sono analoghi a quelli ottenuti da materiale non innestato, qualche volta e per alcune cultivars si registra invece un aumento della produzione di scarto.

## Bibliografia melenzana

- Arao, T., Takeda, H., Nishihara, E., 2008. *Reduction of cadmium translocation from roots to shoots in eggplant (Solanum melongena) by grafting onto Solanum torvum rootstock*. Soil Sci. Plant Nutr., 54: 555-559.
- Bakker, J., Bridle, P., Timberlake, C.F., 1986. *Tristimulus measurements (CIELAB 76) of port wine colour*. Vitis, 25, 67-78.
- Balliu A., Bani A., Karajani M., Sulçe S., 2007. *Grafting effects on tomato growth rate, yield and fruit quality under saline irrigation water*. Acta Hort., 801.
- Bianco, V.V., Pimpini, F., 1990. *Orticoltura*. Patron Editore.
- Bletsos, F.A., Thanassouloupoulos, C.C., Roupakias, D.G., 2003. *Effect of grafting on growth, yield, and verticillium wilt of eggplant*. HortScience 38 (2), 183–186.
- Bollen, G.J. 1985. *Lethal temperatures of soil fungi*. In: *Ecology e management of soilborne plant pathogens*. C.A. Parker, A.D. Rovira, K.J. Moore, P.T.W. Wong and J.F. Kollmorgen Editors, American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA, pp. 191-193.
- Brand Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C., 1995. *Use of free radical method to evaluate antioxidant activity*. Lebensm.-Wiss. Technol. 28, 25–30.
- Cartia, G., Asaro, C., 1994. *The role of temperature regarding Sclerotinia sclerotiorum in the soil solarization methos*. Acta Horticulturae, 366, pp. 323-330.
- Colla, G., Cardarelli, M., Leonardi, 2010. *L'innesto erbaceo in orticoltura: potenzialità e prospettive*. Italus Hortus 17: 9-14.
- Colla, G., Roupael, Y., Cardarelli, M., Rea, E., 2006. *Effect of salinity on yield, fruit quality, leaf gas exchange, and mineral composition of grafted watermelon plants*. HortSci., 41: 622-627.
- Colla, G., Roupael, Y., Cardarelli, M., Salerno, A., Rea, E., 2010. *The effectiveness of grafting to improve alkalinity tolerance in watermelon*. Environ. Exp. Bot., 68: 283-291.
- Concellòn A., Añón, M., Chaves, A.R., 2007. *Effect of low temperature storage on physical and physiological characteristics of eggplant fruit (Solanum melongena L.)*. LWT 40 (2007) 389–396.
- Çürük, S., Durgaç, C., Özdemir, B., Kurt, S., 2005. *Comparisons of grafted biennial and conventional production systems for eggplant (Solanum melongena L.)*

- varieties in a Mediterranean Region of Turkey. *Asian Journal of Plant Sciences*, v.2, p.117-122.
- Edelstein, M., Ben-Hur, M., Cohen, R., Burger, Y., Ravina, I., 2005. *Boron and salinity effects on grafted and non-grafted melon plants*. *Plant Soil*, 269: 273-284.
- Fernández-García, N., Martínez, V., Carvajal, M., 2004. *Effect of salinity on growth, mineral composition, and water relations of grafted tomato plants*. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 167, 616–622.
- Fuleki, T., Francis, F.J., 1968. *Determination of total anthocyanin and degradation index for cranberry juice*. *Food Sci.* 33, 78–83.
- Garber, R.H., 1973. *Fungus penetration and development, Proceedings of a Work Conference in Texas, U.S.A. 30 August–1 September 1971*, pp. 69–77.
- Giorgi M., Capocasa F., Scalzo J., Murri G., Battino M., Mezzetti B., 2005. *The rootstock effect on plant adaptability, production, fruit quality, nutrition in the peach (cv. 'Suncrest')*, *Scientia Horticulturae* 107, pp. 36–42.
- Halliwell, B., Aeschbach, R., Löliger, J., Arouma, O.I., 1995. *The characterization of antioxidants*. *Food and Chemical Toxicology* 33, 601–617.
- Hanson P.M., Yanga R., Tsoua S.C.S, Ledesmaa, D., Englea L, Leeb T., 2006. *Diversity in eggplant (Solanum melongena) for superoxide scavenging activity, total phenolics, and ascorbic acid*. *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 594–600.
- Keli, S.O., Hertog, M.G.L., Heskens, E.J.M., Kromhout, D., 1996. *Dietary flavonoids, antioxidant vitamins, and incidence of stroke*. *Archives of Internal Medicine* 156, 637–642.
- Knekt, P., Järvinen, R., Reunanen, A., Maatella, J., 1996. *Flavanoid intake and coronary mortality in Finland: a cohort study*. *British Medical Journal* 312, 478–481.
- Knekt, P., Järvinen, R., Seppänen, R., Heliövaara, M., Teppo, L., Pukkala, E., Aroumaa, A., 1997. *Dietary flavonoids and the risk of lung cancer and other malignant neoplasms*. *American Journal of Epidemiology* 146, 223–230.
- Lee, J.M. 1994. Cultivation of grafted vegetables. I. *Current status, grafting methods, and benefits*. *HortScience*, v.29, p.235-239.
- Lee, J.M., Oda, M., 2003. *Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops*. *Hort. Rev.*, 28: 61-124.
- Lee, J., Durst, R.W., Wrolstad, R.E., 2005. *Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by*

- the pH differential method: collaborative study*. J. AOAC Int. 88, 1269–1278.
- Leonardi, C., Romano, D., 2004. *Recent issues on vegetable grafting*. Acta Horticulturae n. 631: 163-174.
- Martínez-Ballesta M.C., López-Pérez L., Hernández M., López-Berenguer C., Fernández-García N., Carvajal M., 2008. *Agricultural practices for enhanced human health*, *Phytochem. Rev.* 7, pp. 251–260.
- Martinez-Rodriguez, M.M., Estan, M.T., Moyano, E., Garcia-Abellan, J.O., Flores, F.B., Campos, J.F., Al-Azzawi, M.J., Flowers, T.J., Bolarin, M.C., 2008. *The effectiveness of grafting to improve salt tolerance in tomato when an 'excluder' genotype is used as scion*. *Environ. Exp. Bot.*, 63: 392-401.
- Matsubara, K., Kaneyuki, T., Miyake, T., Mori M. 2005 - *Antiangiogenic activity of nasunin, an antioxidant anthocyanin, in eggplant peels*. J. Agric. Food Chem. 53, 6272–6275.
- Morra, L., 1998. *Potenzialità e limiti dell'innesto in orticoltura*. *Informatore agrario* 49/98.
- Morra, L., Bilotto, M., 2009. *Mercato in fortissima ascesa per i portinnesti orticoli*. *L'informatore agrario*, 2: 27-31.
- Nisha, P., Abdul Nazar, P., Jayamurthy, P., 2009. *A comparative study on antioxidant activities of different varieties of Solanum melongena*, *Food and Chemical Toxicology* 47, 2640–2644.
- Nisini P., Colla G., Granati E., Temperini O., Crino P., Saccardo F. 2002. *Rootstock resistance to Fusarium wilt and effect on fruit yield and quality of two muskmelon cultivars*. *Scientia Horticulturae* 93: 281-288.
- Oda, M., 2004. *Grafting of vegetable to improve greenhouse production*. *Bull. National* 807 vol. 2: 619.
- Padgett M., Morrison JC., 1990. *Changes in grape berry exudates during fruit development and their effect on mycelial growth of Botrytis cinerea*. *J Am Soc Hort Sci* 115: 256–257.
- Proebsting, W.M., Hedden, P., Lewir, M.J., Croker, S.J., Proebsting, L.N., 1992. *Gibberellin concentration and transport in genetic lines of pea*. *Plant Physiol.*, 100: 1354-1360.
- Pullman, G.S., De Vay, J.E., Garber R.H., 1981. *Soil solarization and thermal death: a logarithmic relationship between time and temperature for four soilborne plant pathogens*, *Phytopatology*, 71 pp. 959-964.

- Rivero, R.M., Ruiz, J.M., Sanchez, E., Romero, L., 2003. *Does grafting provide tomato plants an advantage against water production under conditions of thermal shock?* *Physiol. Plant.*, 117: 44-50.
- Rivero, R.M., Ruiz, J.M., Romero, L., 2003. *Role of grafting in horticultural plants under stress conditions.* *J. Food Agric. Environ.* 1, 70–74.
- Romero, L., Belakbir, A., Ragala, L., Ruiz, J.M., 1997. *Response of plant yield and leaf pigments to saline conditions: effectiveness of different rootstocks in melon plants (Cucumis melo L.).* *Soil Sci. Plant Nutr.*, 43: 855-862.
- Rotino, G.L., Acciarri, N., 2005. *L'innesto erbaceo come una delle alternative all'uso del bromuro di metile e risultati delle prove sperimentali.* Convegno Nazionale 'Strategie per il miglioramento dell'orticoltura protetta in Sicilia', 25-26 novembre.
- Rouphael, Y., Cardarelli, M., Colla, G., 2008. *Grafting of cucumber as a means to minimize copper toxicity.* *Environ. Exp. Bot.*, 63: 49-58.
- Russo, V.M., 1996. *Cultural methods and mineral content of eggplant (Solanum melongena) fruit.* *Journal of the Science of Food and Agriculture* 71, 119–123.
- Sadilova, E., Stintzing, F.C., Carle, R., 2006. *Anthocyanins, colour and antioxidant properties of eggplant (Solanum melongena L.) and violet pepper (Capsicum annuum L.) peel extracts.* *Z. Naturforsch.* 61, 527–535.
- Savvas, D., Lenz, F., 1996. *Influence of NaCl concentration in the nutrient solution on mineral composition of eggplants grown in sand culture.* *Angewandte Botanik* 70, 124–127.
- Sciortino, A., Amico Roxas, U., 1980. *Ricerche sul tipo di allevamento della melanzana in serra.* *Colture protette*, n.1: 21-27.
- Singleton, V.L., Ross, J.A., 1965. *Colorimetry of total phenolic with phosphomolybdate–phosphotungstic acid reagent.* *Am. J. Enol. Vitic.* 16, 144–158.
- Sudheesh, S., Sandhya, C., Asha, S.K., Vijayalakshmi, N.R., 1999. *Antioxidant activity of flavonoids from Solanum melongena.* *Phytother. Res.* 13, 393–396.
- Timberlake, C. F. (1981). *Anthocyanins in fruit and vegetables.* In J. Friend, & M. J. C. Rhodes (Eds.), *Recent advances in the biochemistry of fruit and vegetables* (pp. 221–247). New York: Academic Press.
- Trentini, L., Montanari, V. (1996). *L'innesto nelle solanacee e nelle cucurbitacee.* *L'Informatore Agrario*, 29, 69-75.

- Venema, J.H., Dijk, B.E., Bax, J.M., Van Hasselt, P.R., Elzeng, J.T.M., 2008. *Grafting tomato onto the rootstock of a high-altitude accession of Solanum habrochaites improver suboptimal-temperature tolerance*. Environ. Exp. Bot., 63: 359-367.
- Vinson et al., 1998 - Vinson, J.A., Hao, Y., Su, X., Zubik, L., 1998. *Phenol antioxidant quantity and quality in foods: vegetables*. Journal of Agricultural and Food Chemistry 46, 3630–3634.
- Yang (2006) Yang, R.Y., 2006. *Application of antioxidant activity analytical methods for studies on antioxidant activities of vegetables*. Ph.D. Dissertation, Institute of Tropical Agriculture and International Cooperation of National Ping-tung University of Science and Technology, Taiwan.
- Yetisir, H., Caliskan, M.E., Soylu, S., Sakar, M., 2006. *Some physiological and growth responses of watermelon [Citrullus lanatus (Thumb.) Matsum. And Nakai] grafted onto Lagenaria siceraria to flooding*. Environ. Exp. Bot., 58: 1-8.



## Innesto erbaceo in orticoltura (Anguria)

---

### 10.1 Scopo della ricerca

In quest'ultimo decennio particolare interesse è stato rivolto verso le angurie di ridotte dimensioni, dalle ottime caratteristiche organolettiche. La pezzatura medio-piccola di questi frutti soddisfa sia le esigenze dei produttori, facilitati durante le fasi di raccolta, trasporto e packaging, sia quelle dei consumatori maggiormente orientati verso il consumo di peponidi di ridotta dimensione, in considerazione dell'attuale composizione dei nuclei familiari.

In questo contesto la minianguria, del peso unitario di 2-5 kg, può essere consumato in un'unica soluzione, evitando la conservazione in frigorifero, con notevole scadimento delle caratteristiche qualitative delle frazioni di frutto di elevata pezzatura che necessitano di essere conservate in frigorifero.

Nel passato particolare attenzione era rivolto all'inserimento della cucurbitacea in un razionale avvicendamento colturale: spesso l'anguria veniva trapiantata su suoli nei quali di recente era stata estirpata la vite "scongiurando" negativi effetti delle tossine escrete da parte dell'apparato radicale della cucurbitacea e dei parassiti tellurici che meglio si sviluppano quando la coltura ritorna in tempi stretti sullo stesso appezzamento.

Un mezzo alternativo alla geodisinfestazione chimica che consente di superare, seppur con qualche limite, le problematiche della "stanchezza" del terreno è rappresentato dall'utilizzazione di portinnesti "resistenti" ad agenti biotici ed abiotici.

Tuttavia l'impiego di tali materiali vegetali, perlopiù rappresentati da ibridi interspecifici di zucca (*C. maxima* x *C. moscata*) può influenzare notevolmente la morfo-biologia della pianta con notevoli riflessi sugli aspetti quali-quantitativi della produzione (eccessivo e/o ridotto lussureggiamento, trasmissione di determinati aromi sui frutti, alterazione della "croccantezza" della polpa, ecc.).

Precedenti esperienze, condotte a Palermo, orientate verso le valutazioni di diversi portinnesti su minianguria cv "Minirossa", a confronto con piante franco piede, hanno evidenziato un ritmo di sviluppo più intenso rispetto alle piante non innestate con notevoli riflessi sulle

caratteristiche quali-quantitativi dei peponidi. Sempre in ambiente Mediterraneo è stato dimostrato come i diversi investimenti unitari espletano vistosi riflessi sulla morfo-biologia della pianta; la più elevata competitività della ridotta spaziatura, si riflette apprezzabilmente sulle rese unitarie, aumentandole, e sulle caratteristiche qualitative della produzione (riduzione della pezzatura dei peponidi) In considerazione del comportamento del portinnesto “RS 841” sul ritmo di sviluppo (elevata vigoria delle piante bimenbri), si è voluto saggiare la reattività del su menzionato materiale a diversi investimenti unitari e quindi valutare gli aspetti quanti-qualitativi della produzione.

Alla luce di quanto sopra detto nell’annata 2009-2010 si è voluto testare la reattività delle cultivar dell’ibrido F1 mini Monaco innestato su “RS 841” a diversi investimenti unitari.

## **10.2 Materiali e metodi**

La ricerca è stata condotta nel 2010 in pieno campo, presso l’Azienda didattico - sperimentale, “Opera Pia Istituto Agrario Castelnuovo”, della Sezione di Orticoltura e Floricoltura del Dipartimento dei Sistemi Agro-Ambientali (SAGA) dell’Università di Palermo (latitudine 38°25’N, longitudine 13°20’E, altitudine 48 m. l. m.).

I suoli dell’azienda sono classificati come terre rosse sub alcaline, costituiti da tessitura argillosa sabbiosa e da un franco di coltivazione di 60-70 cm, da abbondante scheletro minuto e dotati di un buon contenuto di sostanza organica. Nel periodo estivo è stata praticata una lavorazione profonda (40 cm), mentre a fine inverno (Marzo) è stata eseguita un’erpatura per il controllo delle infestanti. Ad inizio primavera (Aprile) un’ultima fresatura ha avuto lo scopo di interrare i concimi minerali. Sono stati apportati: 72 kg di N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 112 kg di K<sub>2</sub>O pari a 6 qli ha<sup>-1</sup> del complesso ternario 12-12-17 (Nitrophoska).

L’impianto di irrigazione è stato realizzato utilizzando un sistema a microportata con ali gocciolanti in polietilene PN4 del diametro di 16 mm con erogatori autocompensanti della portata di 2 l/ora e distanti tra loro 25 cm. Le ali gocciolanti sono state disposte ad una distanza di 2 m, in corrispondenza delle file.

Il suolo, è stato opportunamente pacciamato utilizzando film plastico in polietilene nero di larghezza 1,2 m e con uno spessore di 50 micron. Il telo pacciamante è stato ancorato al terreno per evitare di essere sollevato dal vento. Successivamente allo stendimento del film pacciamante, in corrispondenza del punto in cui è stata allocata la piantina, è stato effettuato un foro con apposito attrezzo concepito dagli stessi operatori.

Il trapianto è stato effettuato nella seconda decade di Maggio.

Il protocollo sperimentale ha previsto il confronto tra le piantine franco piede della cultivar

mini Monaco e piantine innestate su “RS 841”, portainnesto ibrido interspecifico di Cucurbita maxima D. x Cucurbita moschata D.

Si è valutato anche la reattività delle piante innestate della combinazione portinnesto-nesto a diversi investimenti unitari (2; 1; 0,75; 0,5 p/m<sup>2</sup>) realizzati distanziando le piante nella fila rispettivamente a 25, 33, 50 e 100 cm mentre tra le file è stata mantenuta una distanza costante.

Si è adottato quindi lo schema sperimentale a parcelle suddivise; assumendo come tesi di primo ordine, il diverso trattamento delle piante (franco piede e innesto) e come tesi di secondo ordine, il diverso investimento unitario. Ciascuna unità parcellare delle dimensioni di 45 m<sup>2</sup> è stata ripetuta 4 volte.

Alla coltura durante l'intero ciclo biologico sono state praticate tutte le tecniche ritenute necessarie: ripetuti trattamenti preventivi con zolfo e prodotti cuprici e acuprici per il controllo dell'oidio e della peronospora, mentre un trattamento con prodotti a base di imidacloprid è stato effettuato per controllare un incipiente attacco afidico. Sono stati praticati ripetuti interventi irrigui e apporti di elementi fertilizzanti dopo la fioritura e nella fase di ingrossamento dei peponidi.

I peponidi sono stati raccolti man mano che veniva raggiunta la maturità commerciale; fase fenologica individuata dall'osservazione dello stato di senescenza dell'ultimo circo.

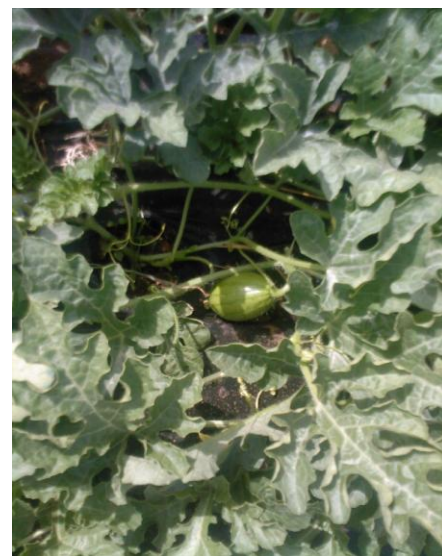
I primi frutti sono stati raccolti nell'ultima settimana di giugno, ad intervalli di cinque giorni una dall'altra e le produzioni sono state cumulate al 10 luglio e al 20 luglio.

Ai fini di valutare la reattività dei diversi trattamenti sperimentali, sono stati rilevati per le singole tesi (ritmo di accrescimento della pianta, numero di foglie per pianta, epoca di fioritura), mentre sui frutti è stata determinata la produzione areica, il peso unitario dei peponidi e gli aspetti qualitativi (spessore della polpa, peso della polpa, percentuale di parte edule, residuo secco rifrattometrico, sostanza secca).

Tutti i rilievi sono stati opportunamente tabellati ed elaborati e, per evidenziare la significatività statistica, è stato applicato il test di Duncan.



**Inizio ramificazione secondaria**



**Frutto di mini Monaco allegato**

## 10.3 OSSERVAZIONI E RISULTATI

### 10.3.1 Rilievi biometrici

#### Epoca fioritura

I diversi ritmi di accrescimento impressi dalla diversa tipologia del materiale utilizzato per l'impianto hanno avuto vistosi riflessi anche sull'epoca di emissione dei fiori pistilliferi; infatti, sulle piante innestate, i fiori femminili sono comparsi con un anticipo di 4 giorni rispetto alle piante franco piede.

Anche i diversi investimenti unitari hanno avuto significativi riflessi sull'epoca di emissione di fiori femminili. Infatti con gli elevati investimenti unitari (2 e 1 p/m<sup>2</sup>) le emissioni dei fiori pistilliferi sono avvenute a circa 19 e 20 giorni dall'impianto, mentre significativamente superiore è stato il tempo intercorso tra l'impianto della coltura e la comparsa dei fiori femminili con gli investimenti di 0,66 p/m<sup>2</sup> (24 giorni circa) e di 0,50 p/m<sup>2</sup> (25 giorni circa).

Dall'interazione tipologia di pianta per investimenti unitari si evince che per le piante innestate e impiantate alla densità di 2 p/m<sup>2</sup>, le emissioni di fiori femminili è avvenuta ad appena 17 giorni dall'impianto, mentre per le piante franco piede con il più modesto investimento unitario (0,5 p/m<sup>2</sup>) la comparsa dei fiori femminili è avvenuta a ben 27 giorni circa dalla messa a dimora delle piantine.

È da evidenziare che le piante innestate per diversi investimenti unitari hanno fatto osservare una più elevata precocità di comparsa dei fiori pistilliferi rispetto agli stessi investimenti unitari impiegando però le piante franco piede.

La precoce emissione dei fiori femminili per gli elevati investimenti unitari trova giustificazione nella situazione di stress, per effetto di una maggiore competitività aereo-radical, cui si vengono a trovare le piante trapiantate a densità elevate.

#### Ritmo di accrescimento delle piante (Figure 10.1-10.4)

Il trapianto è stato effettuato nella seconda decade di maggio, l'attecchimento è risultato uniforme; qualche fallanza verificatasi, è stata tempestivamente risarcita.

I diversi trattamenti sperimentali hanno influenzato vistosamente il ritmo di accrescimento delle piante, sia come sviluppo in altezza, che come ritmo di emissione fogliare.

Le piantine innestate, nonostante avviate contemporaneamente, già prima del trapianto, hanno fatto osservare uno sviluppo sensibilmente superiore rispetto alle piante franco piede. Tale

differenza si è andata via via sempre più accentuandosi man mano le piantine si sviluppavano. A dieci giorni dal trapianto le piante innestate, mediamente hanno assunto una taglia superiore di circa 2 cm rispetto alle piante franco piede, mentre a venti giorni lo scarto tra le due tipologie ha subito un notevole incremento. Le innestate, infatti risultavano caratterizzate da uno sviluppo in lunghezza dell'asse principale di 29 cm circa contro i 22 cm delle piante non innestate. A trenta giorni la taglia assunta dalle piante innestate è risultata di circa 100 cm contro i 79 cm delle piante franco piede.

Per quanto concerne i riflessi della diversa spaziatura delle piante sul ritmo di accrescimento è da evidenziare che a dieci giorni dall'impianto nelle diverse unità sperimentali non si sono evidenziate vistose differenze sullo sviluppo, che è risultato di circa 13 cm. A venti giorni invece, per effetto della competitività aereo-radiale dell'elevato investimento unitario ( $2 \text{ p/m}^2$ ), le piante hanno assunto uno sviluppo in altezza di 29 cm, mentre detto parametro si è andato sempre più riducendo col diminuire dell'investimento unitario tant'è che le piante distanziate sulla fila 25, 50, 75 e 100 cm hanno assunto rispettivamente una taglia di 26, 24, 22,5 e 20 cm. A trenta giorni lo scarto fra le diverse tesi è risultato ancora più evidente, infatti con l'investimento unitario di  $2 \text{ p/m}^2$  le piante hanno assunto nello sviluppo in altezza di circa 100 cm, taglia leggermente più ridotta di 4 cm, si è evidenziano nelle unità sperimentali dove le piante sono state distanziate 0,50 sulla fila. Sviluppo in altezza vistosamente più modesta hanno assunto le piante con l'investimento di  $0,66 \text{ p/m}^2$  (77,5 cm) e  $0,5 \text{ p/m}^2$  (71,5 cm).

Lo sviluppo più elevato assunto dalle piante meno distanziate sulla fila, rispetto a quelle maggiormente spaziate è da attribuire alla competitività aerea che stimola l'asse della pianta ad accrescersi maggiormente alla ricerca di luce.

Anche il ritmo di emissione fogliare è stato sensibilmente influenzato dai trattamenti sperimentali. In particolare la combinazione d'innesto ha fatto evidenziare sempre la presenza di un numero superiore di foglie rispetto alle piante franco piede. A dieci giorni dall'impianto, infatti le differenze tra i due trattamenti si differenziavano appena per una foglia a favore delle piante innestate.

Nel rilievo effettuato a venti giorni dal trapianto le piante innestate hanno fatto osservare la presenza di un numero di foglie più elevato (18,2 foglie) rispetto alle piante franco piede (15,7 foglie). A trenta giorni invece il numero di foglie emesse delle piante innestate è risultato apprezzabilmente superiore (41 foglie), rispetto alle piante franco piede che facevano evidenziare soltanto la presenza di 26 foglie.

Il più elevato ritmo di emissione fogliare evidenziato nelle piante innestate è da mettere in relazione all'effetto del portinnesto che imprime elevato vigore all'epibionte, ciò ovviamente

si traduce in una maggiore area fogliare e quindi maggiore sintesi di elaborati, che influenzano gli aspetti quanti-qualitativi della produzione.

Il diverso investimento unitario ha influenzato anche il ritmo di emissione fogliare, che si è sempre più intensificato passando dai bassi investimenti unitari all'elevata densità d'impianto. A dieci giorni dalla messa a dimora delle piantine, il numero di foglie non è risultato vistosamente condizionato dalla diversa spaziatura delle piante, seppure con la densità di 2 p/m<sup>2</sup> è stato osservato la presenza di 2 foglie in più rispetto all'investimento di 0,5 p/m<sup>2</sup>. A venti giorni invece la presenza di foglie con elevati investimenti è risultato apprezzabilmente più elevato rispetto alla bassa densità; sensibile differenze si sono manifestati a trenta giorni dall'impianto, infatti distanziando le piante con gli elevati investimenti unitari (2 p/m<sup>2</sup>) si sono osservate la presenza di 38,5 foglie, mentre 34,3 foglie caratterizzavano le piante dell'unità sperimentale in cui è stata adottata la densità di 1 e 0,66 p/m<sup>2</sup>. Distanziando le piante invece di 1 m sulla fila, il numero delle foglie emesse è risultato di 28 foglie per pianta.

## **10.4 Rilievi produttivi**

### **Produzione frutti commerciabili (Figure 10.5-10.10)**

Come precedentemente detto i frutti sono stati raccolti quando hanno raggiunto la maturità commerciale, la cui determinazione è stata individuata allorché l'ultimo cirro presente nel pedicelo tendeva a virare dal verde intenso al verde pallido.

I primi peponidi in assoluto sono stati raccolti il 27 giugno, mentre ad intervalli di 5 giorni sono state praticate le successive raccolte. Le produzioni sono state cumulate al 10 luglio e al 20 luglio.

Le prime piante ad entrare in produzione sono state le piante innestate le cui rese sono risultate di 40 t ha<sup>-1</sup>, produzioni vistosamente più ridotte, di 13 t ha<sup>-1</sup> circa, sono state realizzate con le piante franco piede.

In questo primo raggruppamento produttivo abbastanza evidente sono risultati riflessi che i diversi investimenti hanno avuto sulle rese unitarie della coltura; al diminuire della distanza sulla fila, si è osservato un vistoso incremento delle produzioni areiche. Infatti si è passati dalle 53 t ha<sup>-1</sup> del più elevato investimento unitario (2 p/m<sup>2</sup>) alle 20 t ha<sup>-1</sup> con la densità di 0,5 p/m<sup>2</sup>. Produzioni leggermente più elevate (23 t ha<sup>-1</sup>) si sono osservate, distanziando le piante a 75 cm sulla fila, mentre rese unitarie di 37,5 t ha<sup>-1</sup> si sono ottenute distanziando le piante a 50 cm sulla fila.

Dall'interazione tipologia di pianta per densità d'impianto si evince che le più elevate rese in

assoluto si sono realizzate con le piante innestate distanziandole 25 cm l'uno dall'altro ( $51,5 \text{ t ha}^{-1}$ ) e che tali tipologie di piante hanno fatto conseguire sempre per qualsiasi densità rese più elevate rispetto alle franco piede. Le produzioni più modeste si sono realizzate praticando elevati investimenti unitari ( $0,5 \text{ p/m}^2$ ) con piante franco piede ( $13,7 \text{ t ha}^{-1}$ ). Complessivamente al 20 luglio le piante innestate hanno fatto realizzare rese areiche di  $72,2 \text{ t ha}^{-1}$ , superiori di ben  $23,4 \text{ t ha}^{-1}$  rispetto alle franco piede. Indipendentemente dalle tipologie di piante con la densità di  $2 \text{ p/m}^2$  si sono conseguite rese di  $74,3 \text{ t ha}^{-1}$ , produzioni unitarie vistosamente più ridotte del 20% e del 22% circa si sono realizzate con gli investimenti di 1 e  $0,66 \text{ p/m}^2$ , mentre produzioni di appena  $48,3 \text{ t ha}^{-1}$  si sono osservate con gli investimenti di  $0,5 \text{ p/m}^2$ . Le tipologie di piante interagendo con gli investimenti unitari hanno fatto sempre osservare una marcata influenza che le piante innestate evidenziano sulle rese unitarie della coltura per le diverse densità d'impianto. Infatti rese areiche di  $87,2 \text{ t ha}^{-1}$  si sono realizzate con le piante innestate praticando la più elevata densità ( $2 \text{ p/m}^2$ ). Mentre rese vistosamente più ridotte di  $57,1 \text{ t ha}^{-1}$  si sono conseguite sempre utilizzando piante innestate, adottando modesti investimenti unitari. In ogni caso le piante innestate hanno prodotto sempre quantitativi di frutti apprezzabilmente superiori rispetto alle piante non innestate. Le rese unitarie più modeste in assoluto si sono osservate con le piante franco piede adottando l'investimento unitario di  $0,5 \text{ p/m}^2$ .

## 10.5 Rilievi qualitativi

### Peso medio dei frutti (Figure 10.11-10.13)

Al fine di esprimere un giudizio sugli aspetti qualitativi della produzione sono stati rilevati il peso unitario dei peponidi, lo spessore dell'epicarpo, la percentuale di parte edule, il residuo secco rifrattometrico e la sostanza secca.

La tipologia di materiale di propagazione ha apprezzabilmente influenzato il peso unitario dei frutti che è risultato di  $3.243 \text{ g}$  per quelli provenienti da piante innestate e di appena  $1.752 \text{ g}$  per quelli provenienti da piante franco piede.

Anche la densità d'impianto ha espletato vistosi riflessi sulla pezzatura dei peponidi.

All'aumentare del numero di piante per unità di superficie si è osservato una apprezzabile riduzione del peso unitario dei frutti, infatti tale parametro è variato dai  $2.000 \text{ g}$  circa per la densità di  $2 \text{ p/m}^2$  ai  $2.671 \text{ g}$  circa per gli investimenti unitari di  $0,66$  e  $0,5 \text{ p/m}^2$ . Peso unitario di  $2.375 \text{ g}$  hanno fatto osservare mediamente i frutti delle piante distanziate sulla fila  $50 \text{ cm}$  ( $1 \text{ p/m}^2$ ).

Dall'osservazione della tabella 4 si evince che le piante innestate hanno fatto registrare un peso unitario dei peponidi vistosamente più elevato rispetto ai frutti provenienti da piante non innestate. Il peso unitario più elevato in assoluto di 3.783 g è stato realizzato impiegando piante innestate con le più elevate spaziature ( $0,5 \text{ p/m}^2$ ), mentre il peso unitario più ridotto (1.411 g) è stato osservato per le piante franco piede distanziate 25 cm sulla fila ( $2 \text{ p/m}^2$ ).

#### **Spessore dell'epicarpo** (Figure 10.14-10.16)

Lo spessore dell'epicarpo dei frutti, è un parametro particolarmente interessante ai fini della definizione della qualità del prodotto. All'aumentare dello spessore dell'epicarpo, migliora la resistenza ai trasporti a discapito della percentuale di parte edule.

Le condizioni ottimali ai fini della definizione della qualità dell'anguria, sono rappresentate da un ridotto spessore e da una elevata elasticità dell'epicarpo.

Dall'osservazione dei grafici, sembra che il portinnesto abbia sensibili riflessi sullo spessore dell'epicarpo infatti le piante innestate hanno fornito mediamente frutti con epicarpo dello spessore di 1,10 cm circa, mentre le piante franco piede sono risultate caratterizzate da peponidi con un spessore di 0,9 cm.

Il diverso investimento unitario non ha influenzato in maniera apprezzabile lo spessore dell'epicarpo, che è risultato mediamente intorno ai 1,00 cm.

Dall'interazione investimenti unitari tipologia di pianta si evince nelle linee generali che esiste la tendenza delle piante innestate a produrre frutti con epicarpo di spessore leggermente più elevato rispetto ai frutti provenienti dalle piante franco piede.

#### **Percentuale di parte edule** (Figure. 10.17-10.19)

Un altro parametro particolarmente interessante ai fini della definizione della qualità dell'anguria, correlato allo spessore dell'epicarpo è rappresentato dalla percentuale di parte edule.

Tali rilievi sono stati effettuati in laboratorio, su un numero significativo di frutti (10) prelevati da ciascuna unità sperimentale. Detto materiale è stato opportunamente sezionato ed affettato come si suole fare per il normale consumo, asportandone la parte edule.

Si è proceduto quindi alla pesatura di detta frazione che è stata espressa come percentuale rispetto all'intero frutto.

Mediamente le piante franco piede hanno prodotto frutti la cui percentuale di parte edule (55%) è risultata vistosamente più elevata rispetto alla percentuale di polpa (47%) rilevata nei



frutti delle piante innestate.

Il diverso investimento unitario in generale non ha influenzato significativamente la percentuale di parte edule. Mentre dall'interazione tipologia di piante per investimento unitario si evince che le piante franco piede producono peponidi con una percentuale di parte commestibile vistosamente più elevate rispetto alle piante innestate. Addirittura le piante franco piede alla densità di  $0,5 \text{ p/m}^2$  hanno fatto osservare percentuali di parte edule superiore al 57% contro il 45% delle piante bimembri allevate alla stessa densità.

### **Residuo secco rifrattometrico (Figure 10.20-10.21)**

Il residuo secco rifrattometrico rappresenta forse il parametro più interessante ai fini della definizione del profilo qualitativo dell'anguria, infatti da un'idea del contenuto zuccherino del succo che è correlato alla sua densità, parametro che viene determinato in funzione della rifrazione che subisce il raggio luminoso passando attraverso i succhi della polpa dei frutti. Tale deviazione viene determinato con uno strumento, il rifrattometro.

La tipologia di piante non ha influenzato significativamente il tenore zuccherino dei peponidi, tuttavia dall'osservazione dei valori si evince che le piante franco piede hanno prodotto i frutti con circa  $1^\circ$  Brix superiore rispetto alle piante innestate.

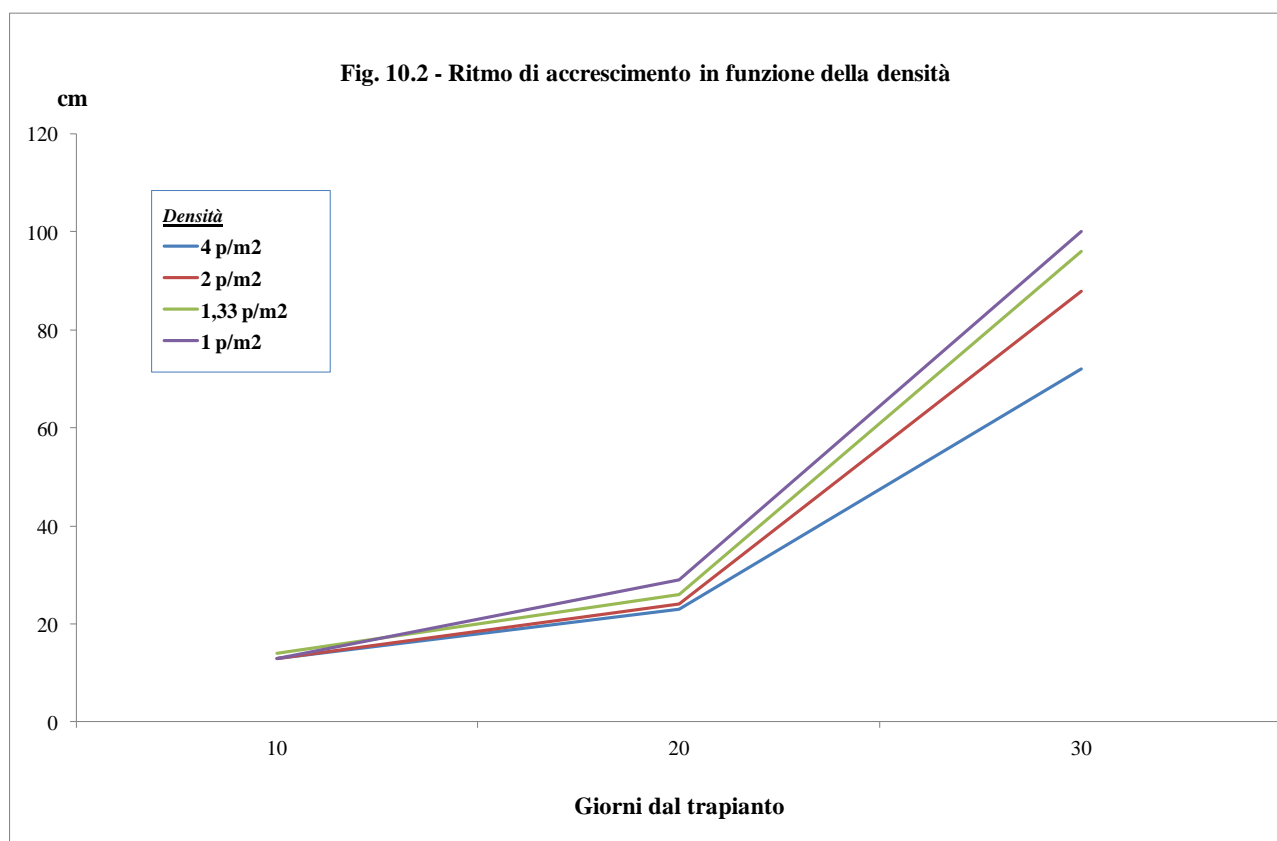
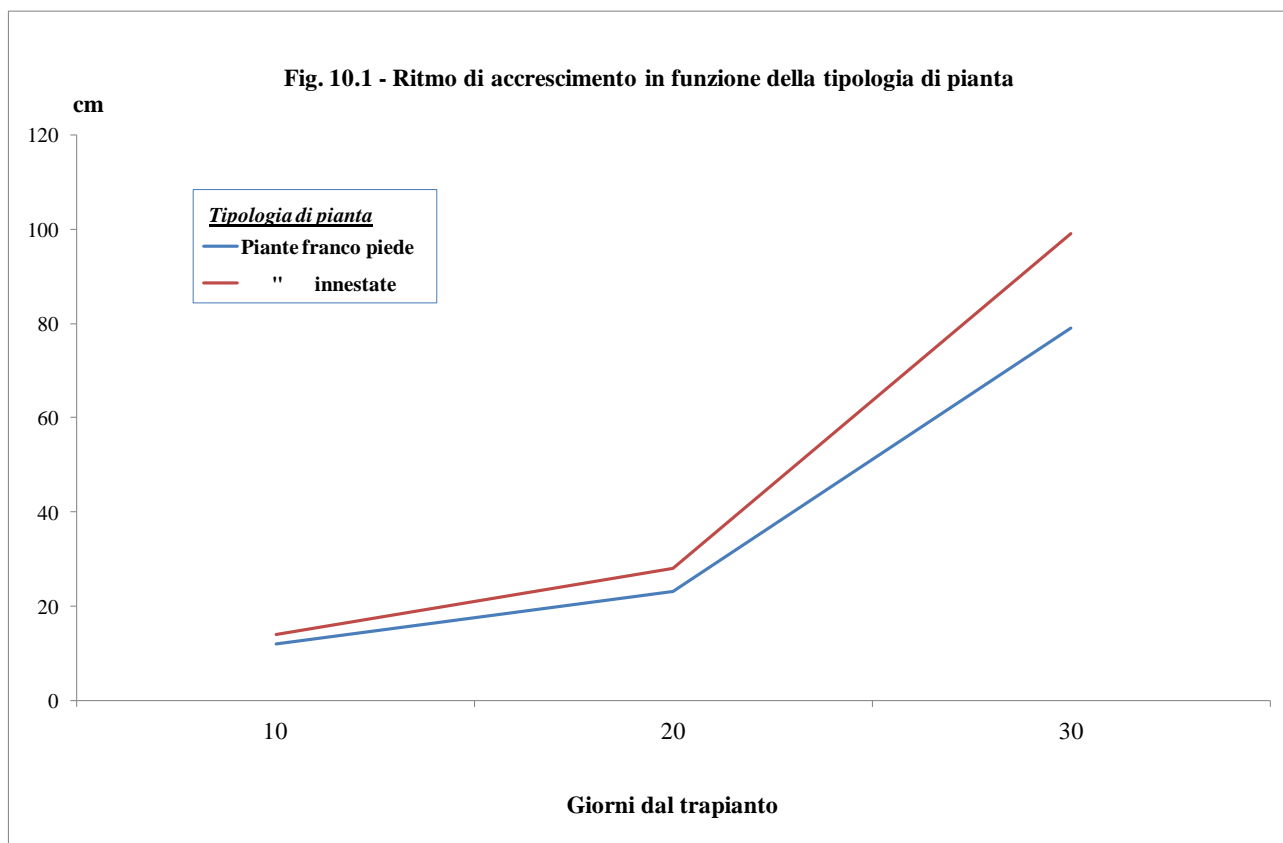
Per quanto concerne gli investimenti unitari, detto parametro non ha influenzato significativamente il tenore zuccherino dei peponidi; anche la tipologia di piante interagendo con i diversi investimenti unitari non hanno fatto rilevare apprezzabili riflessi sul grado Brix dei peponidi, tuttavia le piante franco piede hanno messo in risalto un grado Brix sensibilmente più elevato rispetto ai frutti provenienti dalle piante innestate.

### **Sostanza secca**

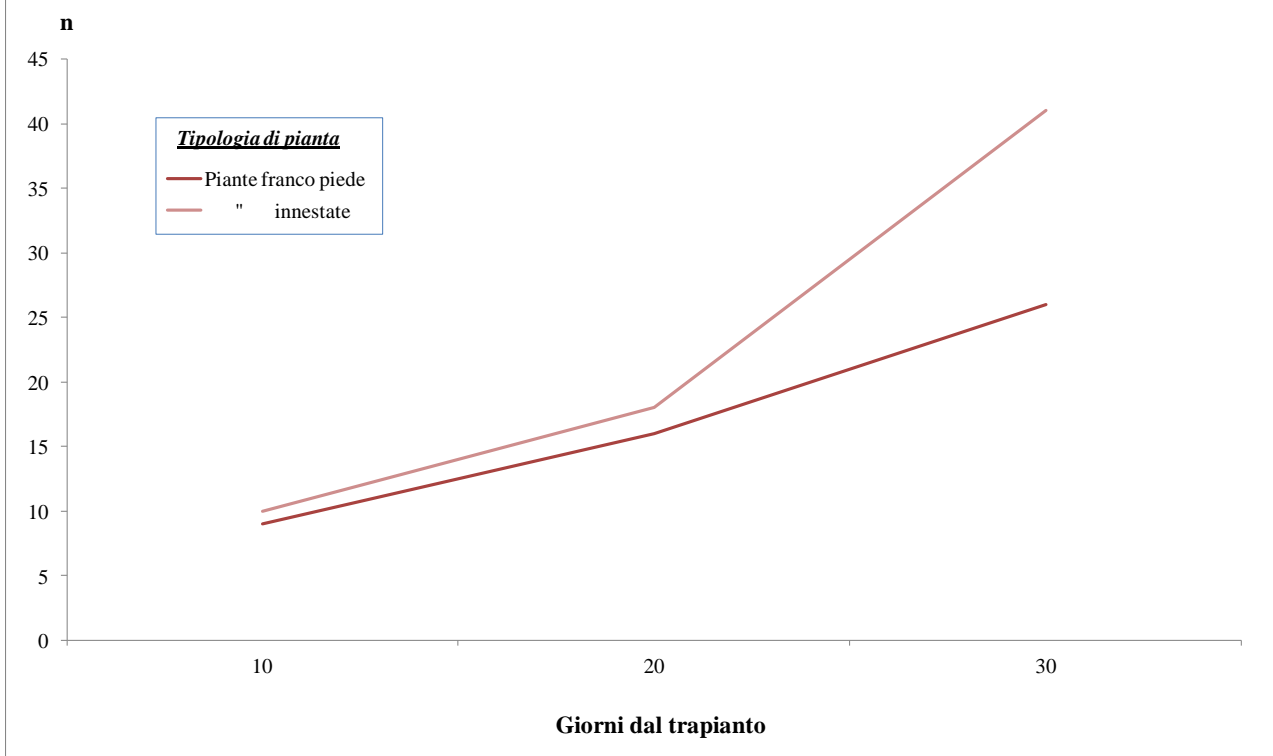
Questo parametro è stato determinato sistemando la polpa estratta dai frutti provenienti dalle diverse tesi in appositi contenitori che quindi sono stati portati in stufa ad una temperatura di  $105^\circ\text{C}$ . Detto rilievo non è stato influenzato apprezzabilmente dai trattamenti sperimentali praticati, tuttavia sembra che la polpa dei frutti delle piante franco piede risulti caratterizzata da una percentuale di sostanza secca leggermente superiore rispetto a quella dei frutti provenienti dalle piante innestate.

Per quanto concerne i diversi investimenti unitari si è osservato che con quelli più elevati si è avuto un contenuto di sostanza secca superiore soprattutto rispetto al basso investimento unitario, infatti tale parametro è variato dal 15% circa per frutti prodotti nelle tesi ad elevato

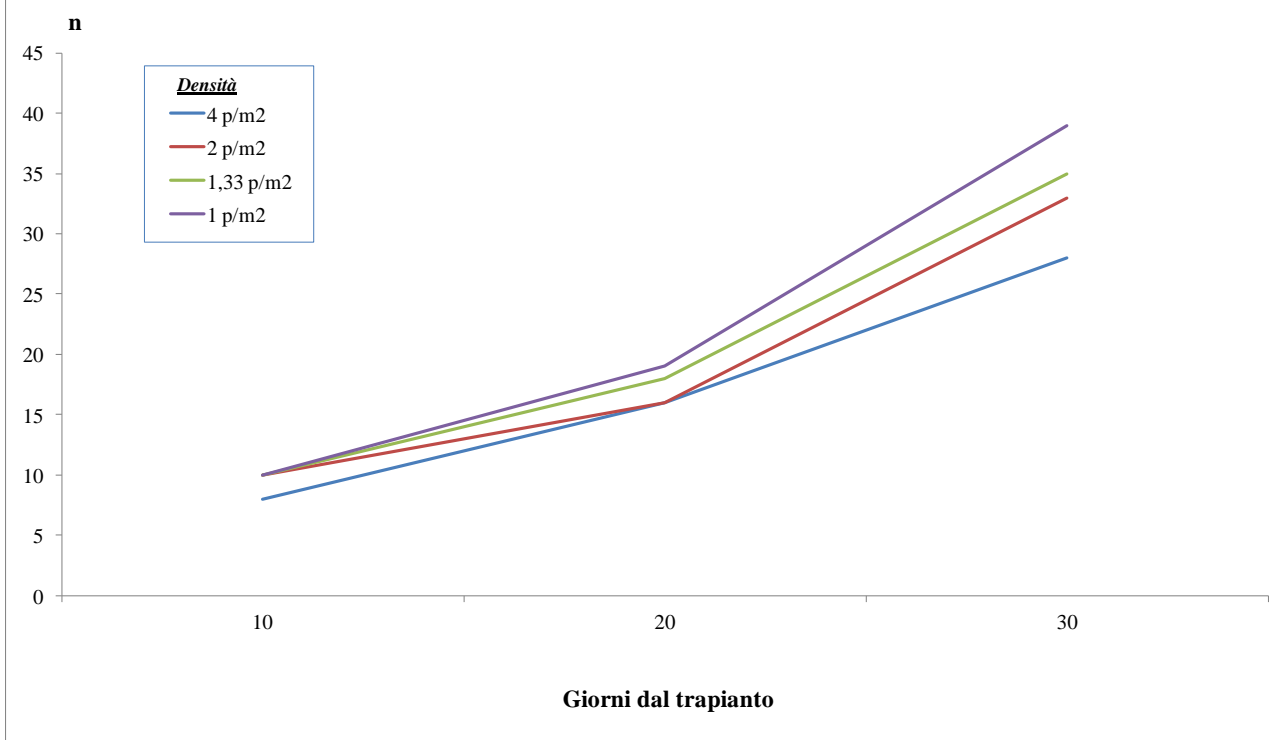
investimento al 13% dei peponidi di quelli della bassa densità d'impianto

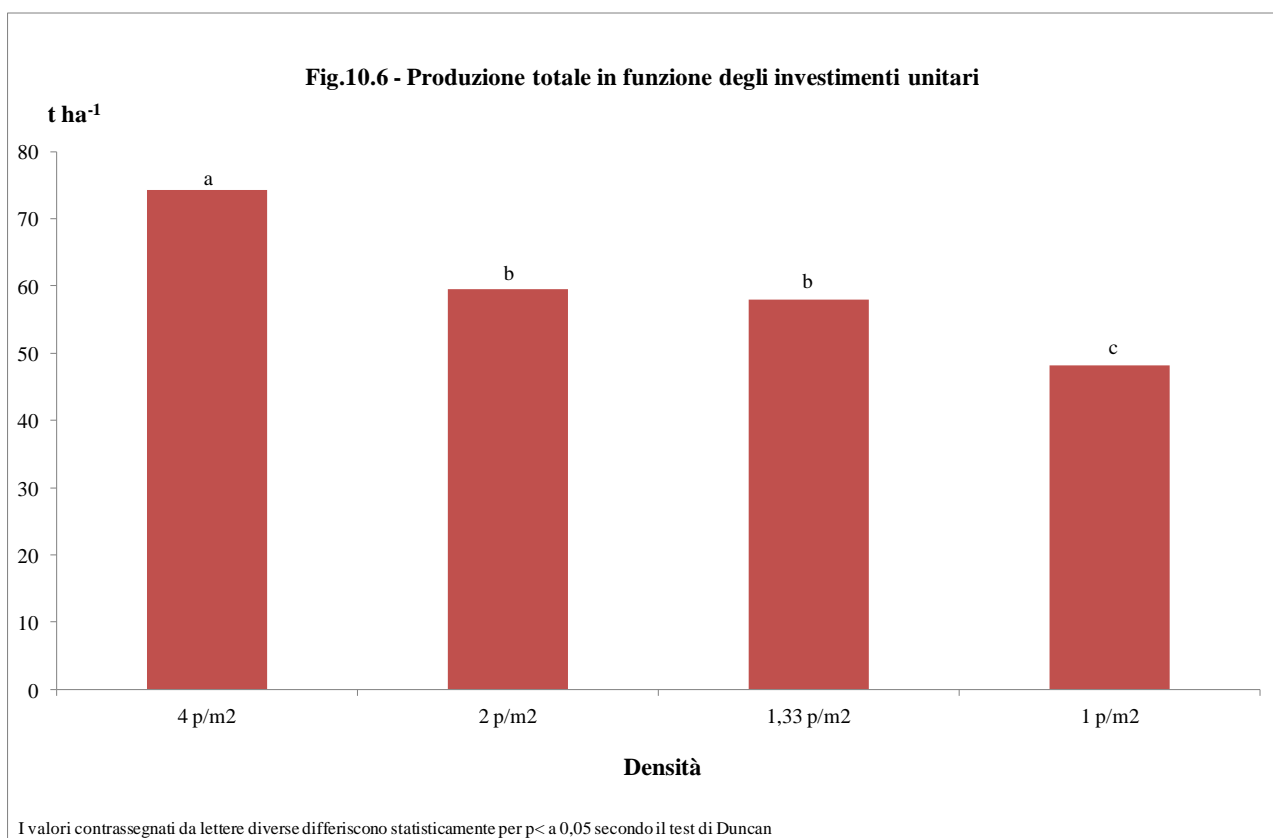
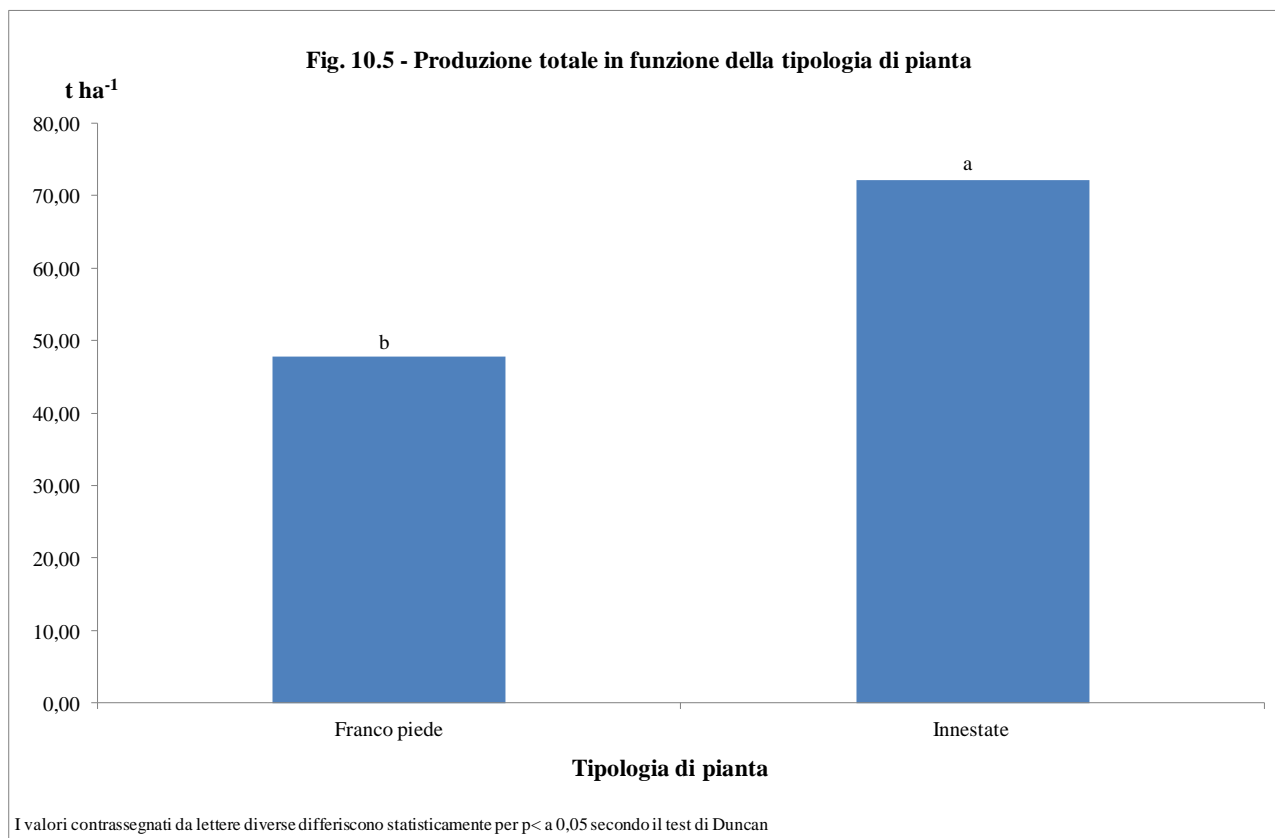


**Fig. 10.3 - Ritmo di emissione fogliare in funzione della tipologia di pianta**

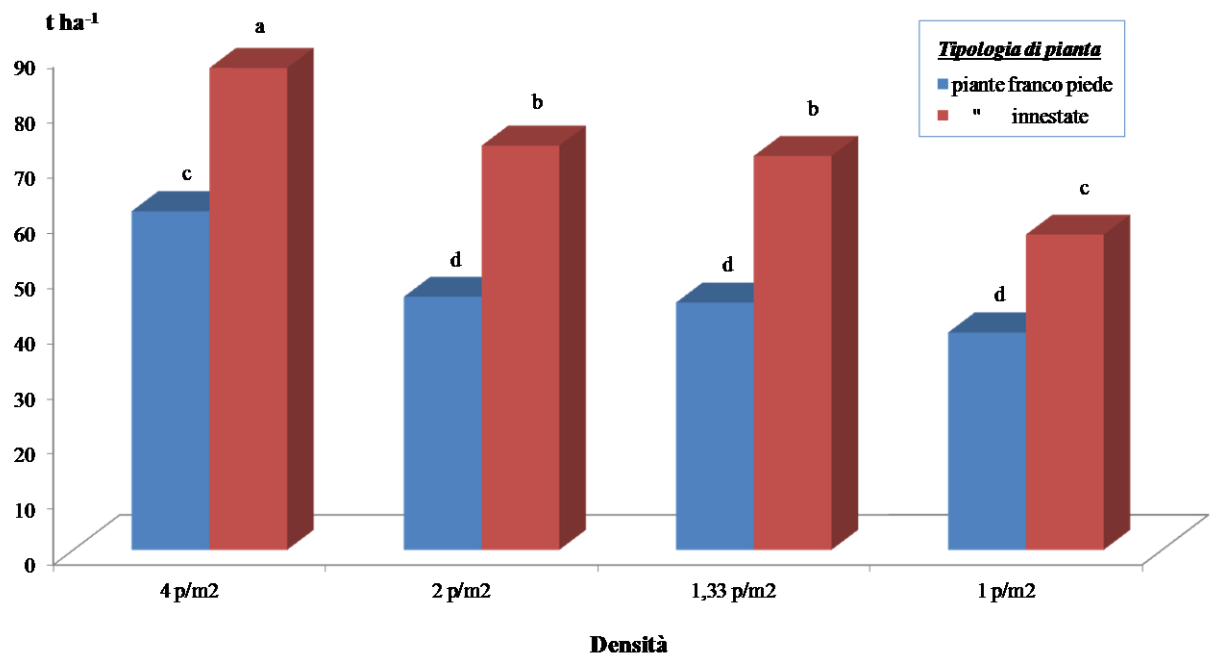


**Fig. 10.4 - Ritmo di emissione fogliare in funzione della densità**

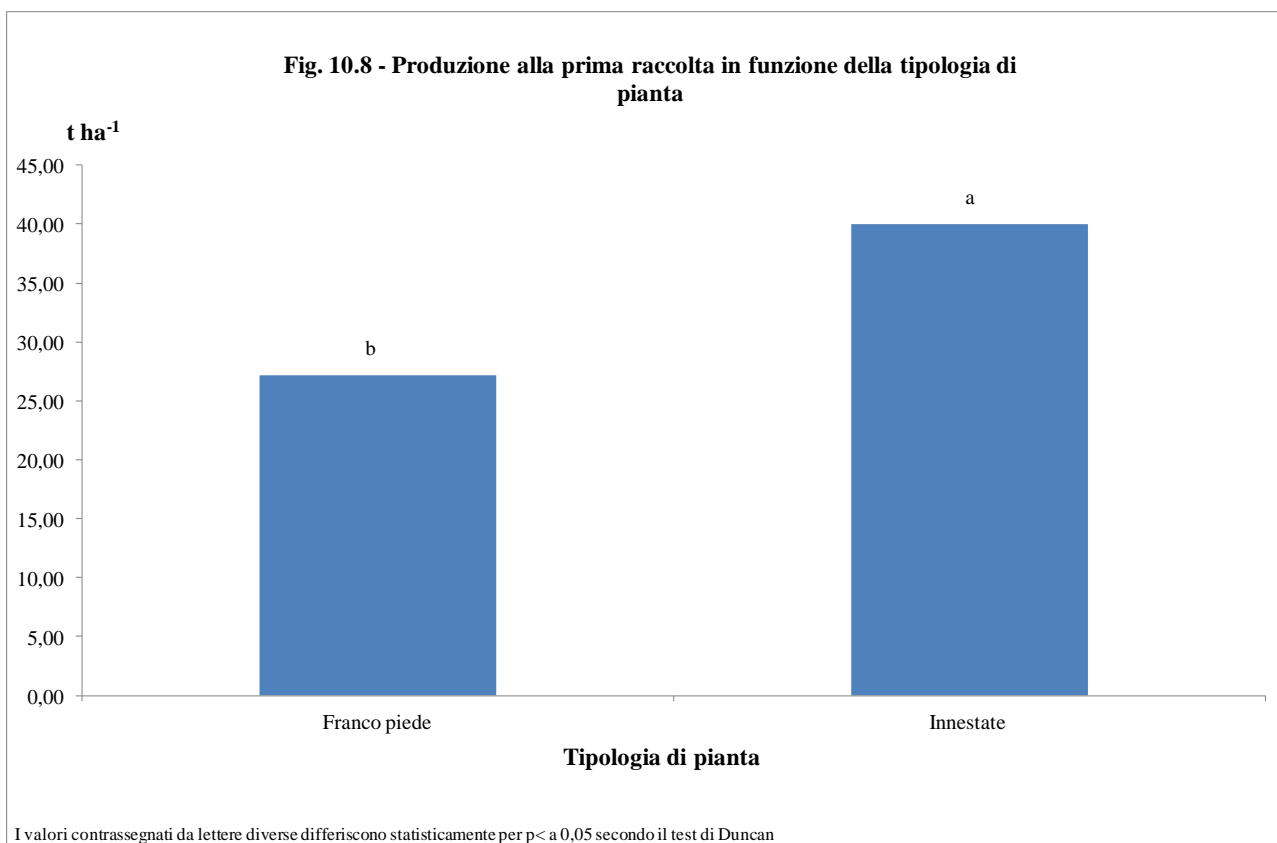




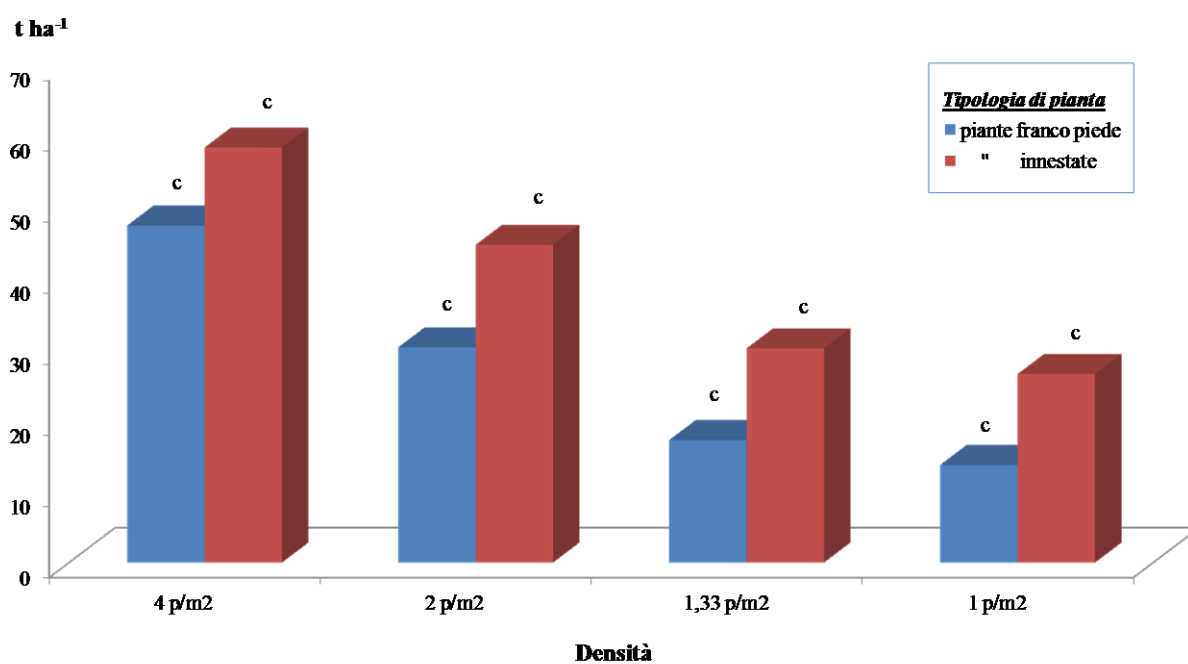
**Fig. 10.7 - Effetti dell'interazione tipologia di pianta x investimenti unitari sulla produzione totale**



I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono statisticamente per  $p < 0,05$  secondo il test di Duncan

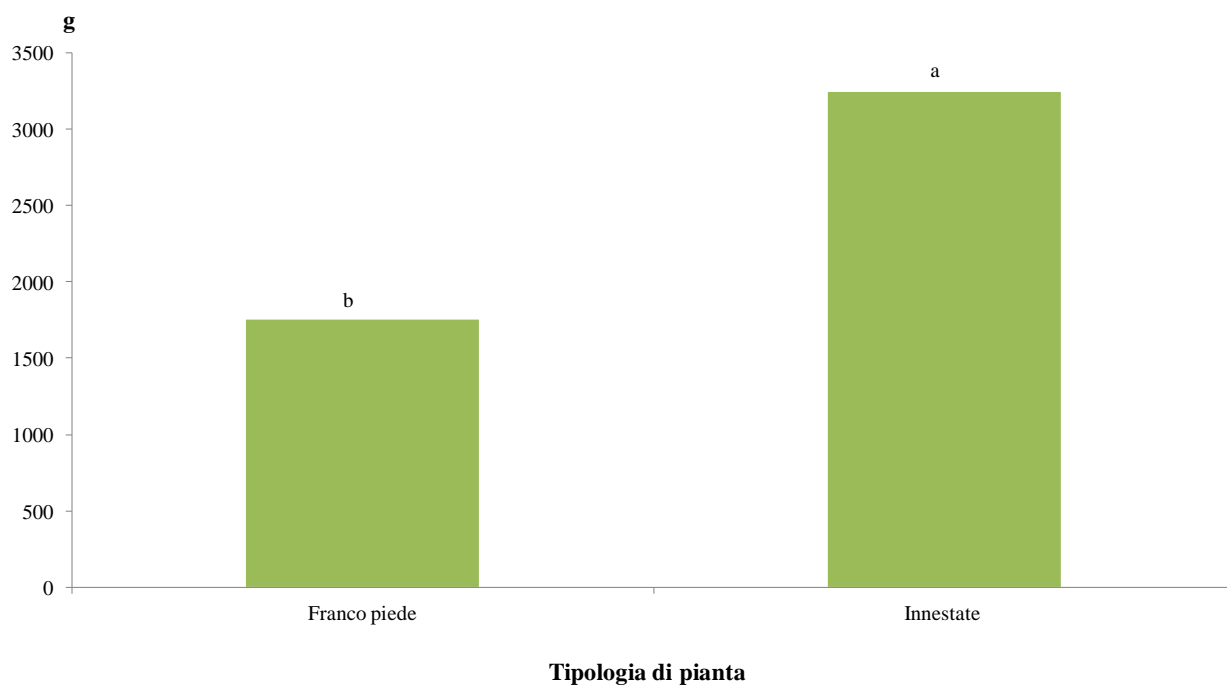


**Fig. 10.10 - Effetti dell'interazione tipologia di pianta x investimenti unitari sulla produzione alla prima raccolta**

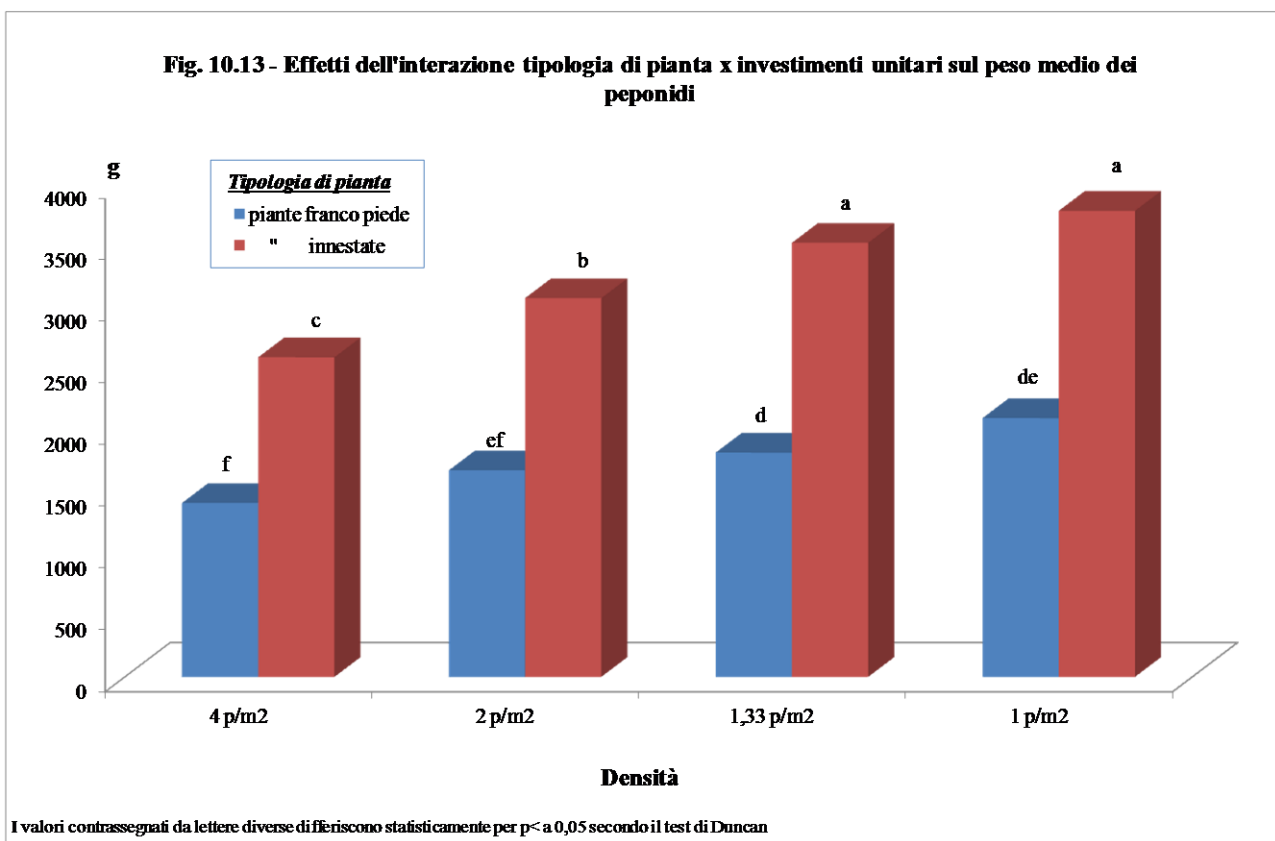
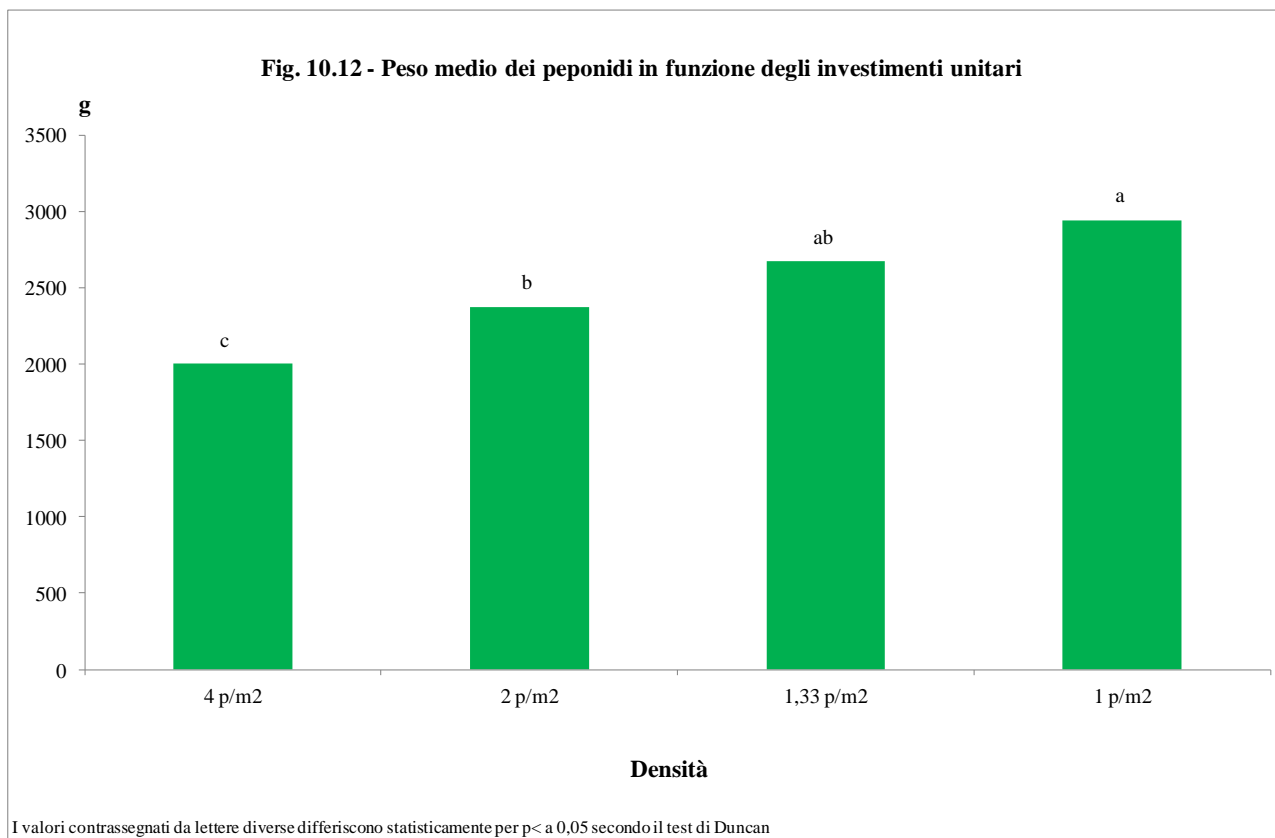


I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono statisticamente per  $p < 0,05$  secondo il test di Duncan

**Fig. 10.11 - Peso medio dei peponidi in funzione della tipologia di pianta**

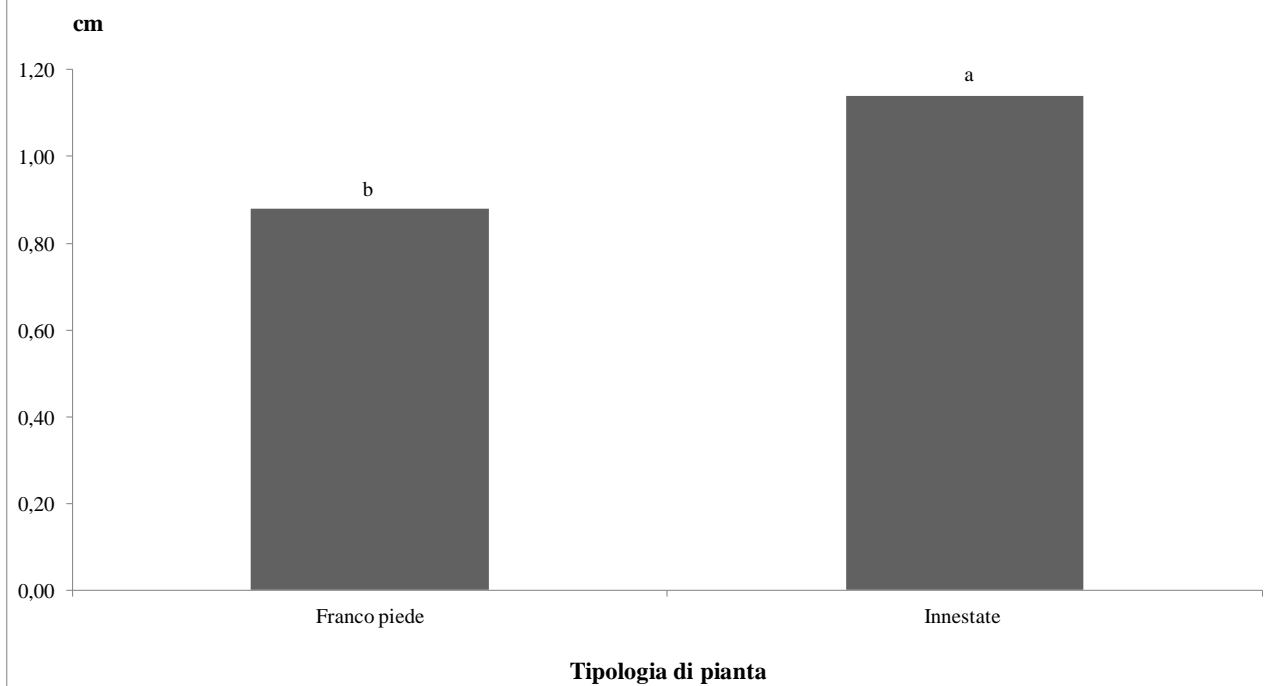


I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono statisticamente per  $p < 0,05$  secondo il test di Duncan

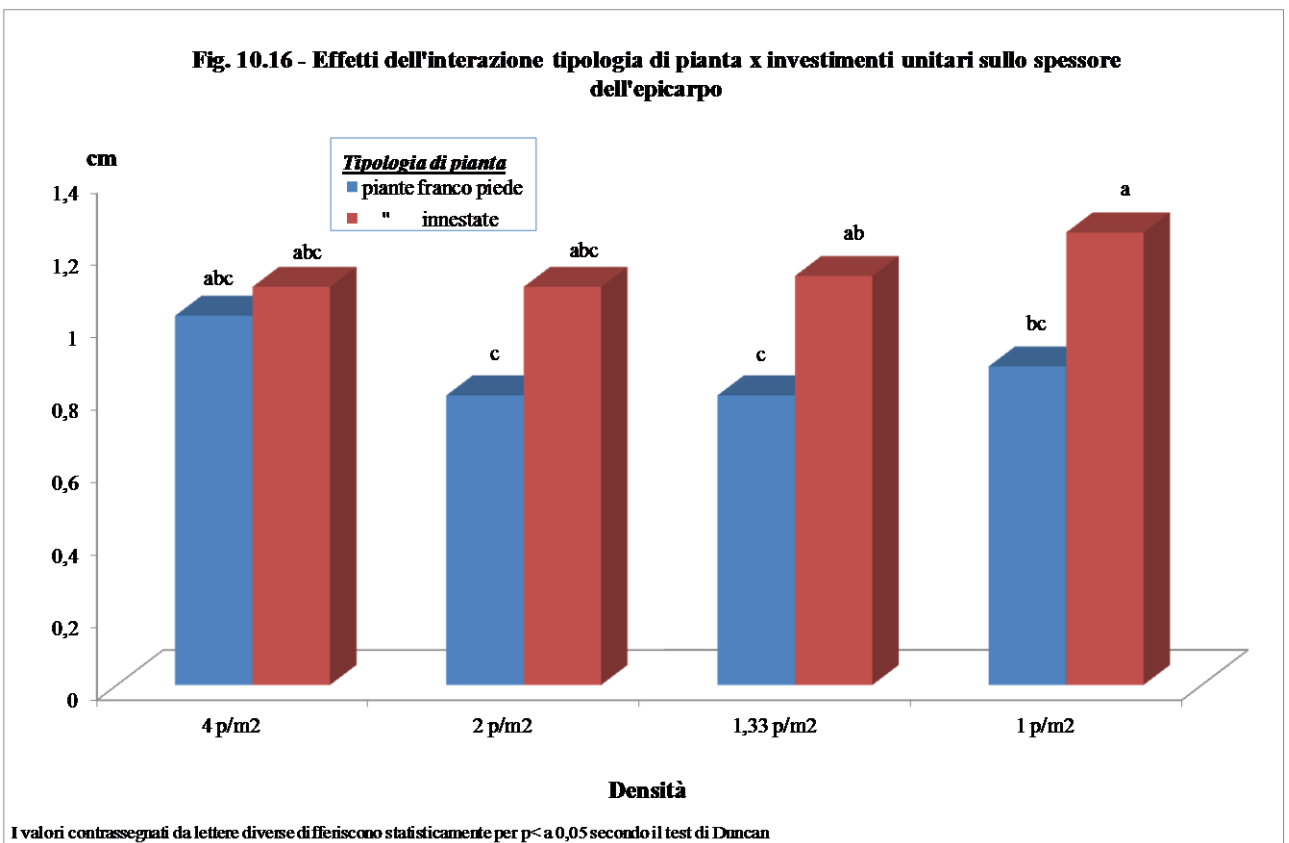
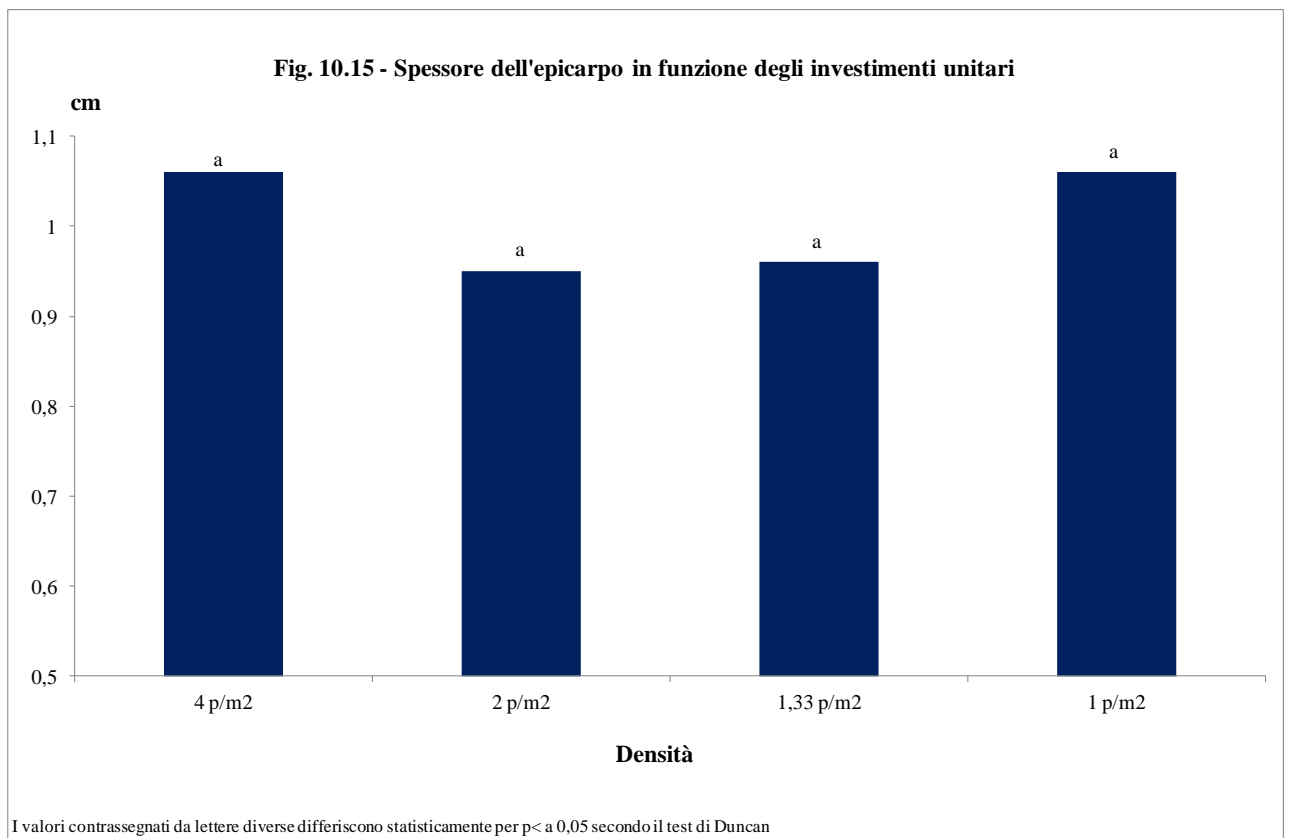




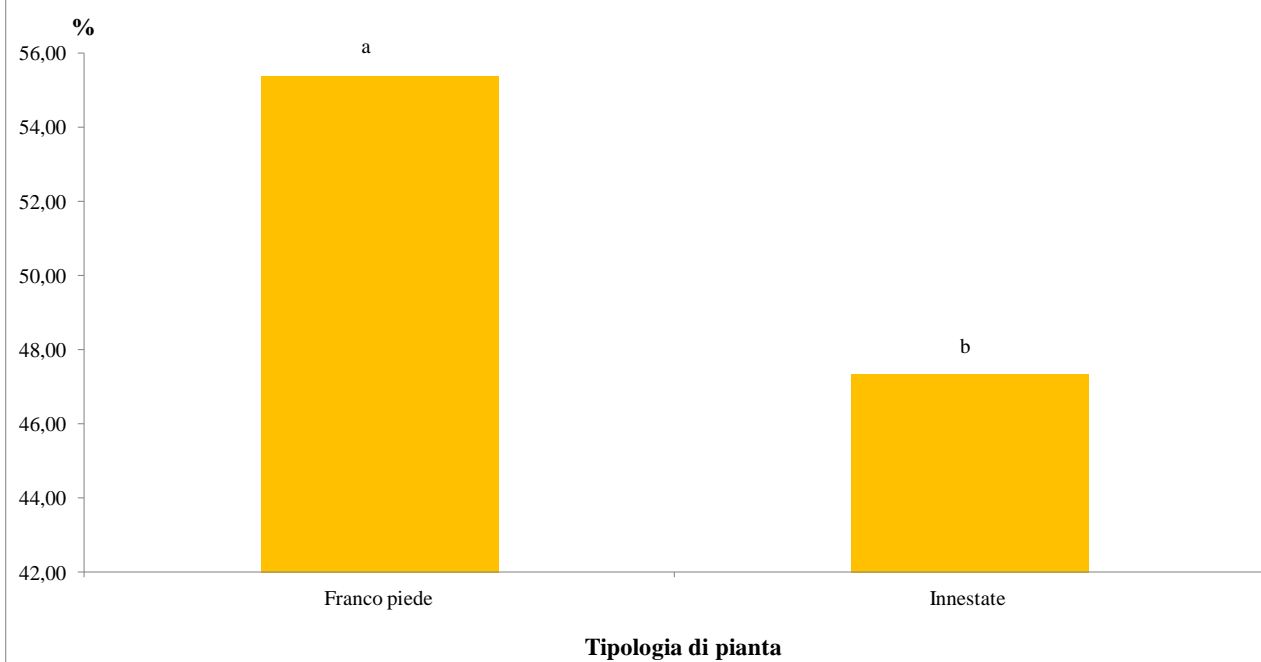
**Fig. 10.14 - Spessore dell'epicarpo in funzione della tipologia di pianta**



I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono statisticamente per  $p < 0,05$  secondo il test di Duncan

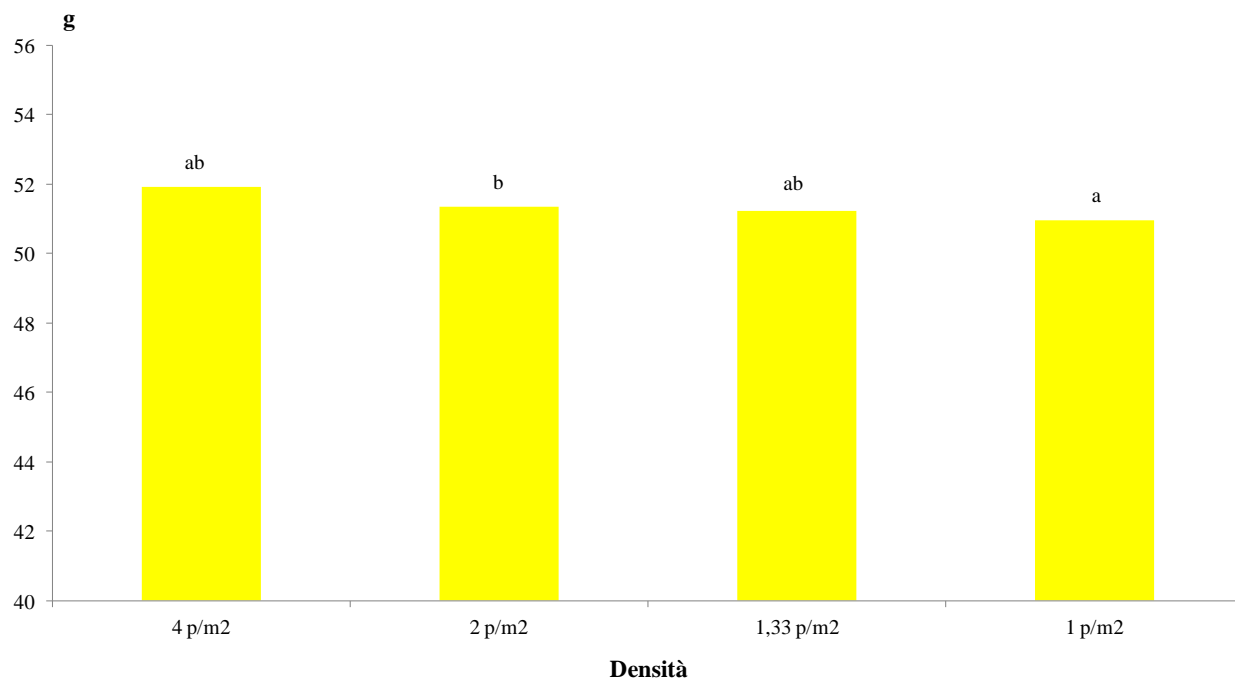


**Fig. 10.17 - Incidenza della parte edule sul peso totale dei peponidi in funzione della tipologia di pianta**



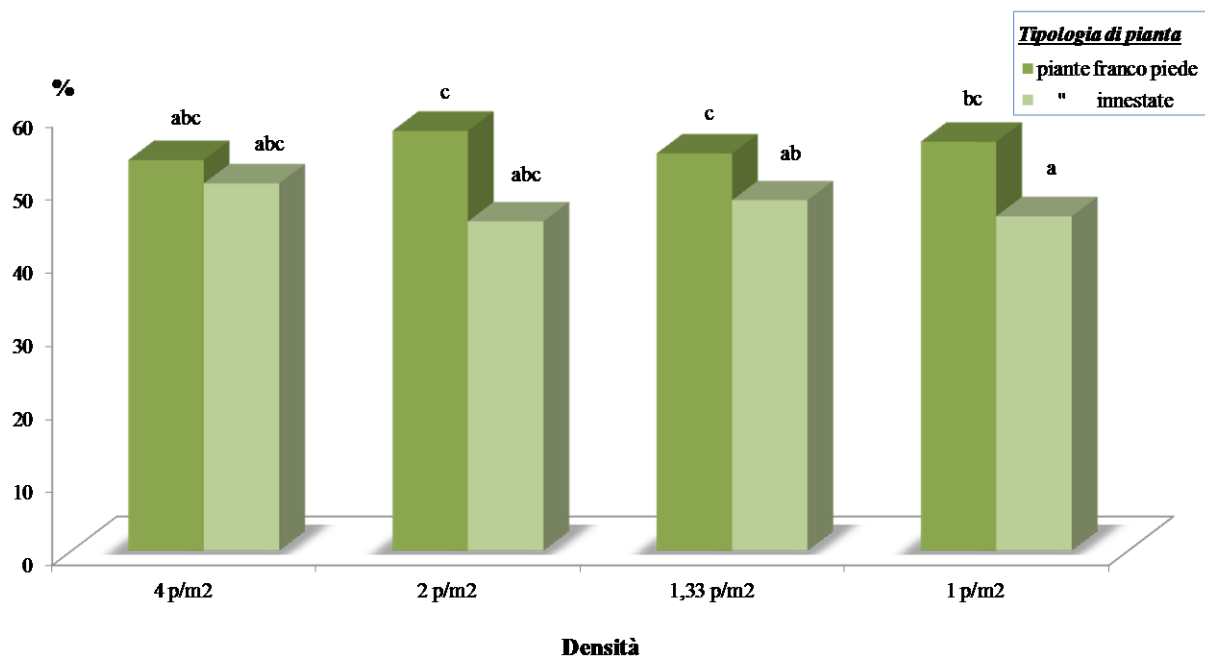
I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono statisticamente per  $p < 0,05$  secondo il test di Duncan

**Fig. 10.18 - Incidenza della parte edule sul peso totale dei peponidi in funzione dei diversi investimenti unitari**



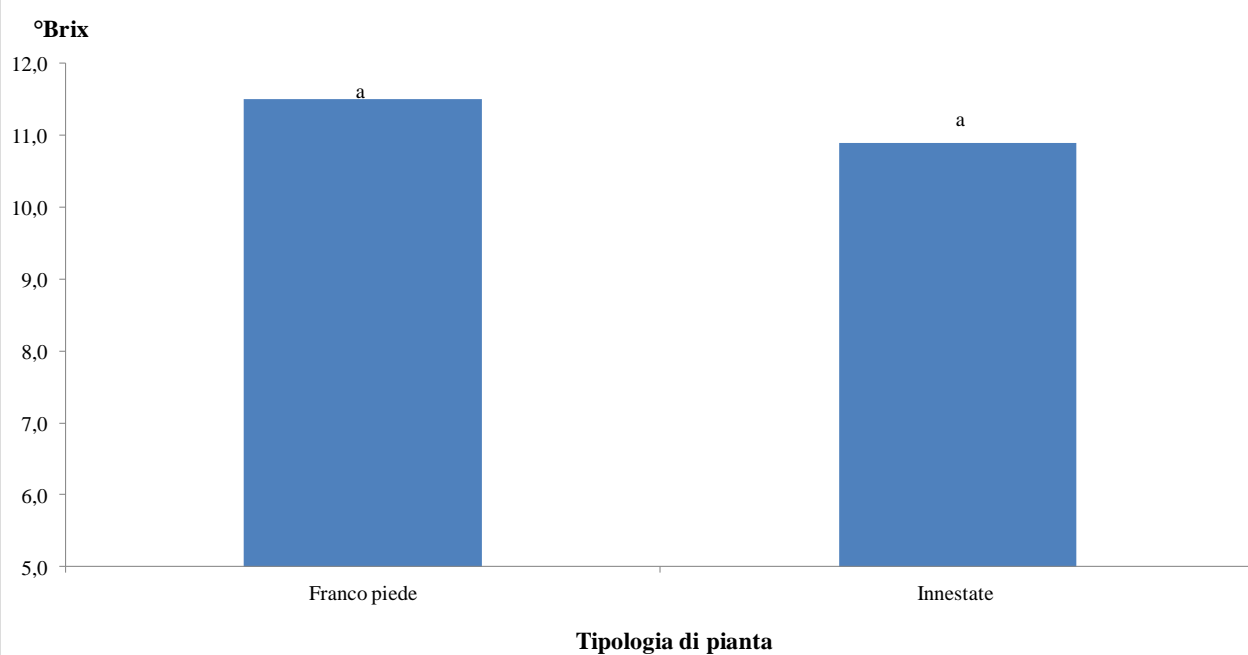
I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono statisticamente per  $p < 0,05$  secondo il test di Duncan

**Fig. 10.19 - Effetti dell'interazione tipologia di pianta x investimenti unitari sull'incidenza della parte edule sul peso totale dei peponidi**

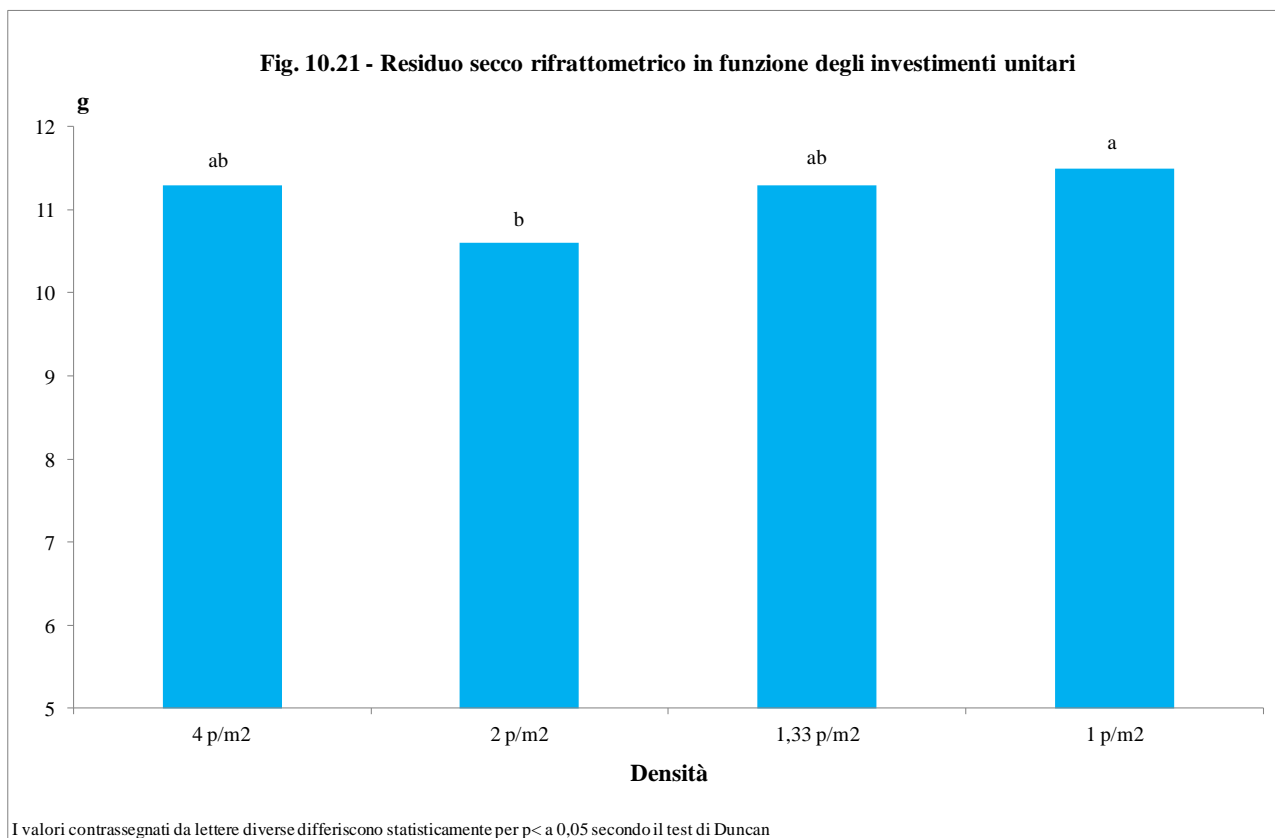


I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono statisticamente per  $p < 0,05$  secondo il test di Duncan

**Fig. 10.20 - Residuo secco rifrattometrico della polpa in funzione della tipologia di pianta**



I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono statisticamente per  $p < 0,05$  secondo il test di Duncan



## Considerazioni conclusive

L'esperienza condotta con la presente ricerca ha consentito di pervenire ad interessanti risultati trasferibili nella realtà applicativa.

Il portinnesto "RS 841" ha impresso nella pianta un vigore vegetativo vistosamente più elevato rispetto alle piante franco piede; tale comportamento si è evidenziato fin dalle primissime fasi di sviluppo. Le piantine innestate hanno manifestato un ritmo d'accrescimento sensibilmente più accelerato rispetto alle piante franco piede, con la presenza di un più elevato numero di foglie per pianta.

Quanto sopra si è tradotto in una maggiore sintesi di sostanze di riserva a favore delle piante innestate con riflessi sull'anticipo dell'antesi fiorale, sulla precocità di maturazione, sulle rese unitarie e sulla pezzatura dei peponidi.

Per quanto concerne gli aspetti qualitativi, la combinazione d'innesto sembra influenzare positivamente lo spessore dell'epicarpo e quindi negativamente la percentuale di parte edule, mentre non ha espletato apprezzabili riflessi sul residuo secco rifrattometrico e sulla

percentuale di sostanza secca.

Per quanto concerne la risposta della pianta ai diversi investimenti unitari, si è osservato che al diminuire della spaziatura delle piante si perviene, soprattutto con le piante innestate, ad un notevole incremento delle rese per ettaro. Infatti con l'investimento di 2 p/m<sup>2</sup>, utilizzando piante innestate, si sono raggiunte produzioni di 87 t ha<sup>-1</sup>, mentre con la bassa densità (0,5 p/m<sup>2</sup>) le piante franco piede hanno fornito produzioni di appena 40 t ha<sup>-1</sup>. Vero è che la produzione per unità di superficie è risultata più elevata con i bassi investimenti unitari, ma è pur vero che tale incremento non è dovuto ad una maggiore produttività della singola pianta rispetto alle larghe spaziature, ma dal numero di piante per unità di superficie.

Anche il peso unitario dei frutti ha risentito significativamente della diversa spaziatura delle piante, infatti all'aumentare degli investimenti unitari si è osservato un'apprezzabile riduzione della pezzatura dei frutti. Tuttavia le piante innestate hanno fatto osservare sempre, a parità di densità, un peso unitario di peponidi superiore alle piante franco piede. In particolare, le piante innestate su "RS 841" alla densità di 2 p/m<sup>2</sup> hanno consentito di ottenere frutti con pezzatura intorno ai 2.600 g (ottimale per soddisfare le esigenze di mercato) contro i 3.800 g della più modesta densità d'impianto (0,5 p/m<sup>2</sup>). I frutti di peso medio più modesto (1.400 g circa) sono state prodotte dalle piante franco piede con gli elevati investimenti unitari.

Gli aspetti qualitativi dei peponidi (in senso stretto), cioè residuo secco rifrattometrico, percentuale parte edule, percentuale di parte secca, nelle linee generali, non sono stati apprezzabilmente influenzati dai diversi trattamenti sperimentali.

In sintesi, per quanto sopra detto, si può affermare la validità dell'innesto in particolare quando si adottano elevati investimenti unitari, per i vistosi riflessi sulla precocità e sulle rese unitarie della coltura. In particolare, sembra che il portinnesto "RS 841" non abbia fatto osservare vistosi peggioramenti degli aspetti qualitativi dei peponidi confermando in pieno quanto osservato in precedenti ricerche.

## Bibliografia mini anguria

- Assenza M., Sergest T., Colombo A., Polizzi G. (2004), *L'innesto del pomodoro, alternative al bromuro di metile*. L'Informatore Agrario.
- Battilani A. (1996). *La tecnica irrigua per un anguria di qualità*. Agricoltura N°5.
- Battistelli A., Moscatello S., Proietti S. (2006). *Effetto dell'innesto e di differenti regimi irrigui sulla qualità dei frutti di mini-anguria*. Programma di Ricerca Agricola Agroambientale ed Agroindustriale della Regione Lazio.
- Bianco V. V. – Pimpini F.. (1993). *Trattato di orticoltura*, Ed Patron.
- Biribin R., Zerbinati F. (2000). *L'innesto erbaceo del melone*. L'Informatore Agrario N°44:53.
- Bolognesi S., Pasotti P., Pelliconi M. (2010). *Mini-angurie, varietà consigliate*. L'Informatore Agrario 43: 50-51.
- Bonomo G., Catalano G. (2007). *E nel Trapanese cresce l'appeal delle miniangurie*. Colture Protette, 63-64 N°10.
- Carmassi G., Incrocci L., Malorgio F. (2004). *Quaderno Arsia*, 175 N°5
- Cattivello C., Danielis R., Cisilino L., Pagani L., Germano E. (2007). *Minianguria: risultati delle prove di primo livello*. Notiziario ERSa -Servizio ricerca e sperimentazione- 4:14-16.
- Colla G., Roupheal Y., Fallovo C., Battistelli A., Proietti S., Rea E., Rinaldi S., De Agazio M., Zacchini M. (2007). *Più qualità nei minicocomeri innestati su zucca*. L'Informatore Agrario 46: 34-37.
- D'amore R., Morra L., Palumbo A. D. (1992). *Aspetti tecno-economici della produzione in vivaio di piantine di melone Cucumis melo L.* Colture Protette N°1.
- Incalcaterra G., Curatolo G. (1997). *Aspetti agronomici della coltura del melone invernale in Sicilia*. Giornata di studio sul melone d'inverno (innovazioni scientifiche e strategie commerciali). Buseto Palizzolo (TP).
- Lee J. M. (1994). *Cultivation of grafted vegetables I. Current status, grafting methods, and benefits*. HortScience, 29 (4), 235-239.
- Leoni S., Ledda L. (2004). *Influenza delle limitazioni nell'uso del bromuro di metile sull'orticoltura in serra della Sardegna*. Comiso.
- Lucchi P., Baruzzi G. (2003). *Le alternative al bromuro di metile*. Agricoltura N°4:65-68.
- Morra L. (1997). *L'innesto erbaceo coltura per coltura*. Colture protette N°5.



- Morra L., Bilotto M. (1998). *Indagine sull'innesto erbaceo nel settore vivaistico*. L'Informatore Agrario 49 (Supplemento).
- Morra L. (1998). *Potenzialità e limiti dell'innesto in orticoltura*. L'Informatore Agrario, 49: 39-46.
- Morra L. (2004). *L'innesto erbaceo in orticoltura*. Convegno internazionale. Comiso.
- Morra L., Bilotto M. (2009). *Mercato in fortissima ascesa per i portinnesti orticoli*. L'Informatore Agrario, 1: 51-54.
- Pallotti G. (2007). *Quali strategie di mercato per i minicocomeri*. L'Informatore Agrario 46: 29-33.
- Pasotti P. P., Neri M., Trentini L. (2002). *Il processo di produzione*. Il Divulgatore N°6.
- Proietti S., Roupheal Y., Colla G., Cardarelli M., De Agazio M., Zacchini M., Rea E., Moscatello S., Battistelli A. (2008). *Fruit quality of mini-watermelon as affected by grafting and irrigation regimes*. Journal of the Science of Food and Agriculture.
- Rotino L., Acciarri N., Morando G. (2005). *L'innesto erbaceo come una delle alternative all'uso del bromuro di metile*. Convegno Nazionale. Scoglitti (RG).
- Saccardo F. (2003). *Sviluppo di sistemi e metodi di produzione sostenibile in orticoltura*. Dipartimento di Geologia e Ingegneria Meccanica, Naturalistica e Idraulica per il territorio (GEMINI) dell'Università della Tuscia.
- Sequi P. (2003). *I microelementi nella nutrizione vegetale*. Valagro.
- Tei F., Natalini G., Bruni R. (2001). *Manuale di corretta prassi per la produzione integrata del cocomero*. Progetto per la valutazione delle produzioni Agroalimentari Umbre.
- Trentini L., Montanari V. (1996). *L'innesto nelle solanacee e nelle cucurbitacee*. L'Informatore Agrario, 29: 69-76 (Supplemento).
- Unione provinciale agricoltori di Savona. (1999). *Innovazione nel settore delle produzioni di pomodoro cuore di bue con l'uso dei nuovi portinnesti*. Centro Regionale di Sperimentazione ed Assistenza Agricola (CeRSSA). Savona.
- Vergnani S., Pasotti P. (2003). *Dopo le angurie senza semi ecco quelle con pezzature "mini"*. Agricoltura 1:36-37.
- Vetrano F., Mustazza G., Moncada A., Incalcaterra G. (2009). *Effetti del portinnesto sulla produttività dell'anguria*. Convegno: "Il Vivaismo Orticolo".
- Vetrano F., Mustazza G., Romano C., Incalcaterra G.. *"Effetti del Portinnesto sulla Produttività della minianguria"* Atti IX Giornate Scientifiche SOI 10-12 Marzo 2010.

## Sitografia

- [www.istat.it](http://www.istat.it)
- [www.informatoreagrario.it](http://www.informatoreagrario.it)
- [www.vitaincampagna.it](http://www.vitaincampagna.it)
- [www.terra-multimedialeagricoltura.it](http://www.terra-multimedialeagricoltura.it)
- [www.pomodoroitaliano.it](http://www.pomodoroitaliano.it)
- [www.L'ortifrutticolturaalbenga.it](http://www.L'ortifrutticolturaalbenga.it)
- [www.miniangurie.com](http://www.miniangurie.com)
- [www.rijkzwaan.com](http://www.rijkzwaan.com)
- [www.fao.org](http://www.fao.org)
- [www.Agricolturaeinnovazione.it](http://www.Agricolturaeinnovazione.it)
- [www.agricolturaonweb.com](http://www.agricolturaonweb.com)
- [www.fertirrigazione.it](http://www.fertirrigazione.it)
- [www.cals.arizona.edu/grafting/grafting-robots.us](http://www.cals.arizona.edu/grafting/grafting-robots.us)
- [www.aipas.eu](http://www.aipas.eu)
- [www.ecaf.org](http://www.ecaf.org)
- [kassa.cirad.fr](http://kassa.cirad.fr)
- [www.sowap.org](http://www.sowap.org)
- [www.laimburg.it](http://www.laimburg.it)

## INDICE

<b>Premessa</b>	<b>pag. 1</b>
<b>PARTE GENERALE</b>	
<b>1.1 La legislazione</b>	<b>” 4</b>
<b>1.1.1 Il protocollo di Montreal</b>	<b>” 4</b>
<b>1.2 Ripercussioni sull’atmosfera</b>	<b>” 11</b>
<b>2. Parassiti animali e vegetali</b>	<b>” 12</b>
<b>2.1 I nematodi fitoparassiti</b>	<b>” 12</b>
<b>2.2 I patogeni tellurici</b>	<b>” 16</b>
<b>2.3 Il concetto di soppressività delle malattie telluriche</b>	<b>” 17</b>
<b>2.4 I meccanismi della soppressività</b>	<b>” 18</b>
<b>3. Il Ruolo della sostanza organica</b>	<b>” 22</b>
<b>3.1 Importanza della sostanza organica</b>	<b>” 22</b>
<b>3.2 Gestione del sistema suolo per il mantenimento della sostanza organica</b>	<b>” 25</b>
<b>3.3 Importanza della sostanza organica per ridurre la stanchezza del suolo</b>	<b>” 26</b>
<b>4. Il ruolo delle cover crops negli agroecosistemi intensivi</b>	<b>” 28</b>
<b>4.1 Le Cover Crops come fonte di biomassa</b>	<b>” 28</b>
<b>4.2 Utilizzo delle Cover Crops in Agroecosistemi Mediterranei</b>	<b>” 30</b>
<b>4.3 Effetti delle cover crops sulle caratteristiche fisiche del suolo</b>	<b>” 31</b>
<b>4.4 Effetti delle cover crops sulle caratteristiche chimiche del suolo</b>	<b>” 33</b>
<b>4.5 Effetti delle cover crops sulla flora infestante sugli organismi tellurici</b>	<b>” 36</b>
<b>4.6 Cover crops funzionali (<i>Brassicaceae</i>)</b>	<b>” 37</b>
<b>5. L’agricoltura conservativa</b>	<b>” 40</b>
<b>5.1 Agricoltura Conservativa in Europa e in Italia</b>	<b>” 40</b>

<b>5.2 I vantaggi della Semina e del Trapianto su Sodo</b>	<b>” 44</b>
<b>5.3 La Semina e il Trapianto su Sodo contro il Cambiamento Climatico</b>	<b>” 44</b>
<b>5.4 Effetti dell'aratura e della specializzazione colturale</b>	<b>” 45</b>
<b>6. Alternative alla geodisinfestazione chimica</b>	<b>” 48</b>
<b>6.1 Piante biocide</b>	<b>” 48</b>
<b>6.2 Solarizzazione</b>	<b>” 51</b>
<b>6.3 Il sistema bioflash</b>	<b>” 52</b>
<b>6.4 Innesto erbaceo</b>	<b>” 54</b>
<b>7. Attività di ricerca svolta nel triennio</b>	<b>” 61</b>
<b>7.1 Attività di ricerca</b>	<b>” 61</b>
<b>8. Sistemi conservativi in orticoltura di pien'aria</b>	<b>” 62</b>
<b>8.1 Scopo della ricerca</b>	<b>” 62</b>
<b>8.2 Materiali e metodi</b>	<b>” 65</b>
<b>8.3 Risultati e discussione</b>	<b>” 71</b>
<b>8.3.1 I anno melone</b>	<b>” 71</b>
<b>8.3.2 Rilievi sulla produzione</b>	<b>” 72</b>
<b>8.3.3 II anno melone</b>	<b>” 74</b>
<b>8.3.4 Rilievi sulla produzione</b>	<b>” 75</b>
<b>8.3.5 I anno Cavolfiore</b>	<b>” 78</b>
<b>8.3.6 II anno Cavolfiore</b>	<b>” 80</b>
<b>8.4 Rilievi sul suolo</b>	<b>” 82</b>
<b>8.5 Conclusioni</b>	<b>” 83</b>

## **TABELLE E BIBLIOGRAFIA**

<b>9. Innesto erbaceo in orticoltura (Melenzana)</b>	<b>” 107</b>
------------------------------------------------------	--------------

<b>9.1 Scopo della ricerca</b>	” 107
<b>9.2 Materiali e metodi</b>	” 109
<b>9.3 Risultati e discussione</b>	” 114
<b>9.4 Conclusioni</b>	” 124

## **BIBLIOGRAFIA**

### **10. Innesto erbaceo in orticoltura (Anguria)**

<b>10.1 Scopo della ricerca</b>	” 130
<b>10.2 Materiali e metodi</b>	” 131
<b>10.3 Osservazioni e risultati</b>	” 133
<b>10.3.1 Rilievi biometrici</b>	” 133
<b>10.4 Rilievi produttivi</b>	” 135
<b>10.5 Rilievi qualitativi</b>	” 136

## **TABELLE, FIGURE, BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA**

-